

**все темы
ОГЭ и ЕГЭ**

**СПРАВОЧНИК
ШКОЛЬНИКА**

**5-11
классы**

Биология

Доступное объяснение
всех тем школьного курса

Понятия, термины, законы

Наглядные схемы и таблицы

Вопросы и типовые задания
в форме ОГЭ и ЕГЭ с ответами



УДК 373:57
ББК 28.0я721
С14

В оформлении обложки использована иллюстрация:
Fafarumba / Shutterstock.com
Используется по лицензии от Shutterstock.com

- С14 Садовниченко, Юрий Александрович.**
Биология / Ю. А. Садовниченко, Н. Л. Пастухова. — Москва :
Эксмо, 2018. — 416 с. — (Справочник школьника. Все темы ОГЭ и
ЕГЭ: 5—11 классы).

ISBN 978-5-699-95856-6

Справочник содержит сведения по всем темам, проверяемым на ОГЭ и ЕГЭ по биологии. По каждому разделу приводится перечень необходимых понятий, доступное объяснение тем, а также вопросы и типовые задания ОГЭ и ЕГЭ с ответами. В конце расположен предметный указатель для удобного поиска информации.

Справочник поможет актуализировать знания для успешной сдачи экзаменов, а также подготовиться к различным формам текущего контроля в процессе изучения биологии на уроках.

Издание предназначено для учащихся 5—11 классов и учителей.

УДК 373:57
ББК 28.0я721

ISBN 978-5-699-95856-6

© Садовниченко Ю.А., Пастухова Н.Л., 2018
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	9
-------------------	---

1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА. ОБЩИЕ ПРИЗНАКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1.1. Биология как наука. Общие признаки биологических систем	12
1.2. Биологические науки. Методы биологии	17

2. КЛЕТКА КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

2.1. Развитие представлений о клетке	25
2.2. Химический состав клетки	25
2.2.1. Макро- и микроэлементы	25
2.2.2. Неорганические и органические вещества клетки	28
2.3. Типы клеток. Биологические мембраны	42
2.3.1. Прокариотические и эукариотические клетки	42
2.3.2. Биологические мембраны	43
2.3.3. Цитоплазма и органоиды эукариотической клетки	47
2.4. Обмен веществ и превращения энергии — свойства живых организмов	54
2.4.1. Ферменты	55
2.4.2. Энергетический и пластический обмен, их взаимосвязь	56
2.4.3. Аэробы и анаэробы	58
2.4.4. Фотосинтез	58
2.4.5. Хемосинтез. Роль хемосинтезирующих бактерий на Земле	60
2.4.6. Автотрофы и гетеротрофы	60
2.5. Генетическая информация в клетке	62
2.5.1. Организация генетической информации. Строение гена	62
2.5.2. Генетический код и его свойства	63
2.5.3. Биосинтез белка и нуклеиновых кислот	65
2.5.4. Решение задач по молекулярной биологии	68
2.6. Хромосомы. Деление клетки. Митоз. Мейоз. Образование половых клеток у растений и животных	73
2.6.1. Хромосомы, их строение и функции	74
2.6.2. Жизненный цикл клетки	75
2.6.3. Митоз	76
2.6.4. Мейоз	77
2.6.5. Развитие половых клеток у животных и растений	79

3. ОРГАНИЗМ КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ, ЕГО ЗНАЧЕНИЕ

3.1. Половое и бесполое размножение	85
3.2. Оплодотворение	86
3.3. Онтогенез и присущие ему закономерности	88
3.3.1. Эмбриональное и постэмбриональное развитие организмов	89
3.3.2. Жизненные циклы и чередование поколений	91
3.3.3. Причины нарушения развития организмов	92
3.4. Основы генетики	93
3.4.1. Генетика как наука	95
3.4.2. Закономерности независимого наследования	95
3.4.3. Цитологические основы наследования	99
3.4.4. Статистические закономерности независимого наследования признаков	100
3.4.5. Решение генетических задач. Составление схем скрещивания .	102
3.5. Сцепленное наследование. Генетика пола	104
3.5.1. Законы Т. Моргана: сцепленное наследование признаков, нарушение сцепления генов	105
3.5.2. Хромосомная теория наследственности	107
3.5.3. Генетические карты	107
3.5.4. Генетика пола	107
3.5.5. Наследование признаков, сцепленных с полом	108
3.5.6. Алгоритм решения типовой задачи	109
3.6. Генотип как целостная система	110
3.6.1. Взаимодействие генов	112
3.6.2. Генетика человека. Методы изучения генетики человека	113
3.6.3. Решение генетических задач. Составление схем скрещивания .	115
3.7. Закономерности изменчивости	120
3.7.1. Ненаследственная (модификационная) изменчивость	121
3.7.2. Норма реакции	121
3.7.3. Наследственная изменчивость: мутационная, комбинативная .	122
3.7.4. Виды мутаций и их причины	122
3.7.5. Значение изменчивости в жизни организмов и в эволюции	124
3.7.6. Значение генетики для медицины	124
3.7.7. Наследственные болезни человека, их причины, профилактика	124
3.7.8. Вредное влияние мутагенов на генетический аппарат клетки ..	125
3.7.9. Защита среды от загрязнения мутагенами	125

3.7.10. Выявление источников мутагенов в окружающей среде (косвенно) и оценка возможных последствий их влияния на организм человека	126
3.8. Селекция, её задачи и практическое значение	128
3.8.1. Методы селекции и их генетические основы	129
3.8.2. Вклад Н. И. Вавилова в развитие селекции	130
3.8.3. Роль клеточной теории в становлении и развитии биотехнологии	131
3.8.4. Методы выведения новых сортов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов	131
3.8.5. Значение генетики для селекции	132
3.8.6. Биологические основы выращивания культурных растений и домашних животных	132
3.8.7. Биотехнология, её направления	133
3.8.8. Клеточная инженерия, клонирование	133
3.8.9. Значение биотехнологии для развития селекции, сельского хозяйства, микробиологической промышленности, сохранения генофонда планеты	134
3.8.10. Этические аспекты развития некоторых исследований в биотехнологии (клонирование человека, направленные изменения генома)	135

4. ОСНОВЫ СИСТЕМАТИКИ

4.1. Вклад К. Линнея и Ж.-Б. Ламарка в развитие систематики	138
4.2. Основные систематические (таксономические) категории; их соподчиненность	138
4.3. Вирусы — неклеточные формы жизни	140
4.3.1. Строение и классификация вирусов	140
4.3.2. Воспроизведение вирусов	141
4.3.3. Меры профилактики распространения вирусных заболеваний	142
4.4. Царство бактерий	144
4.4.1. Строение бактерий	144
4.4.2. Жизнедеятельность бактерий	145
4.4.3. Размножение бактерий	146
4.4.4. Роль бактерий в природе	146
4.5. Царство грибов	149
4.5.1. Строение грибов	149
4.5.2. Жизнедеятельность грибов	150

4.5.3. Размножение грибов	150
4.5.4. Роль грибов в природе и жизни человека	151
4.5.5. Лишайники, их разнообразие, особенности строения и жизнедеятельности	152
4.5.6. Роль лишайников в природе и жизни человека	153
4.6. Царство растений	154
4.6.1. Клетки растений	155
4.6.2. Ткани растений	155
4.6.3. Вегетативные органы растений	158
4.6.4. Вегетативные и генеративные органы	159
4.6.5. Генеративные органы	167
4.6.6. Жизнедеятельность растительного организма	172
4.7. Многообразие растений	177
4.7.1. Основные отделы растений	178
4.7.2. Водоросли	178
4.8. Высшие споровые растения	182
4.8.1. Отдел Моховидные	182
4.8.2. Отдел Плауновидные	183
4.8.3. Отдел Хвощевидные	184
4.8.4. Отдел Папоротниковидные	185
4.9. Семенные растения	187
4.9.1. Отдел Голосеменные	187
4.9.2. Отдел Покрывосеменные, или Цветковые растения	189
4.9.3. Роль растений в природе и жизни человека	194
4.10. Царство животных	196
4.10.1. Подцарство Простейшие	196
4.10.2. Общая характеристика подцарства Многоклеточные	202
4.10.3. Тип Членистоногие	214
4.10.4. Хордовые животные	222
4.10.5. Земноводные. Пресмыкающиеся	228
4.10.6. Птицы. Млекопитающие	235

5. ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ЗДОРОВЬЕ

5.1. Ткани	248
5.2. Опорно-двигательная система	252
5.3. Система пищеварения	262
5.4. Обмен веществ и превращение энергии в организме человека	267
5.4.1. Энергозатраты человека и пищевой рацион	268

5.4.2. Витамины	268
5.5. Система дыхания	272
5.6. Кровеносная и лимфатическая системы	278
5.7. Внутренняя среда организма человека	284
5.7.1. Внутренняя среда организма	286
5.7.2. Состав и функции крови	286
5.7.3. Иммуитет	288
5.7.4. Трансплантация. Группы крови. Переливание крови.	289
5.8. Органы выделения	292
5.9. Покровная система	296
5.10. Размножение и развитие человека	300
5.11. Эндокринная система	306
5.11.1. Взаимосвязь нервной и гуморальной регуляции	309
5.12. Нервная система	310
5.12.1. Строение нервной системы	311
5.12.2. Строение и функции спинного мозга	312
5.12.3. Строение и функции головного мозга	312
5.12.4. Вегетативная нервная система	315
5.13. Анализаторы	316
5.13.1. Зрительный анализатор	317
5.13.2. Слуховой анализатор	319
5.13.3. Вестибулярный анализатор	321
5.13.4. Мышечное чувство	321
5.13.5. Осязание	321
5.13.6. Обонятельный анализатор	322
5.13.7. Вкусовой анализатор	322
5.14. Высшая нервная деятельность. Поведение. Психика	323
5.14.1. Особенности психики человека	328

6. ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

6.1. Гипотезы возникновения и развития жизни на Земле	331
6.2. Доказательства эволюции. Эволюционная теория Ч. Дарвина	336
6.3. Синтетическая теория эволюции	342
6.4. Факторы эволюции	346
6.5. Вид. Видообразование	350

6.6. Макроэволюция. Направления эволюции	356
6.7. Развитие жизни на Земле	360
6.8. Эволюция человека	364

7. ЭКОСИСТЕМЫ И ПРИСУЩИЕ ИМ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

7.1. Среды обитания организмов. Экологические факторы	370
7.2. Экосистема	375
7.3. Правила экологической пирамиды. Составление схем передачи веществ и энергии (цепей и сетей питания). Решение экологических задач	380
7.3.1. Решение экологических задач	383
7.4. Свойства экосистем. Разнообразие экосистем. Агроэкосистемы	386
7.5. Биосфера — глобальная экосистема	391
7.6. Глобальные изменения в биосфере. Охрана природы	398
Предметный указатель	408

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемый читатель!

В ваших руках — справочник, который станет помощником при обучении в 5–11 классах, поможет сдать экзамены, обеспечит качественную подготовку для поступления в ВУЗ.

В этом справочнике вы найдёте теоретический материал по всем темам, которые проверяются на ОГЭ и ЕГЭ. Для итогового контроля при освоении каждой темы в справочнике приведены типовые вопросы, организованные как задания в учебнике, на ОГЭ и ЕГЭ.

Каждая тема включает в себя три основных блока:

- «Основные понятия» — содержит ключевые термины данной темы;
- «Объяснение и важные примеры» — изложение теоретического материала и примеры практической реализации теории;
- «Типовые задания» — образцы практических заданий, которые дают представление о форме контроля в рамках школьных занятий, при проведении ОГЭ и ЕГЭ.

Теоретический материал изложен ёмко и доступно. Разделы, посвящённые различным темам, структурированы согласно кодификаторам ОГЭ и ЕГЭ и позволяют быстро освежить в памяти содержание школьного курса и успешно ответить на соответствующие вопросы. Для удобства работы в пособии представлены рисунки и таблицы.

В конце справочника приведён тематический указатель, который поможет легко найти интересующую вас информацию.

Изучаем рисунки

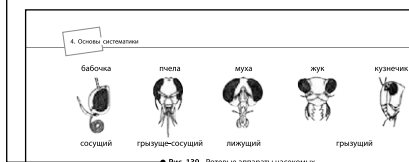


Рис. 139. Ротовые аппараты насекомых

Грудь насекомых образована тремя сегментами, каждый из которых несёт пару конечностей. На последних двух отделах груди расположены парные выросты хитиновой кутикулы — крылья. Крылья насекомых бывают перепончатыми, сетчатыми, могут преобразовываться в жесткие надкрылья или полундкрылья. Количество сегментов брюшка может существенно варьировать, однако они редко несут конечности.

Пищеварительная система. У насекомых пищеварительная система образована ртом, глоткой, пищеводом, желудком, кишечником и анальным отверстием (рис. 140). У них имеются сложный ротовой аппарат и слюнные железы.

Кровеносная система насекомых незамкнута. Гемолимфа насекомых не выполняет дыхательной функции, а только обеспечивает перенос питательных веществ и продуктов их обмена.

Дыхательная система образована системой трахей, открывающихся наружу дыхальцами на брюшке.

Выделение у насекомых происходит при помощи **малпигиевых сосудов**, примыкающих к заднему отделу кишечника, и **жирового тела**, занимающего большую часть тела.

Нервная система высоразвита — головной нервной узел называется «мозгом», он соединён с брюшной нервной цепочкой. Развитие

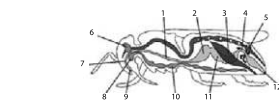


Рис. 140. Внутреннее строение мадосной тмелы

1 — пищевод; 2 — желудок; 3 — кишечник; 4 — задняя кишка; 5 — мальпигиевы сосуды; 6 — надглоточный нервный узел; 7 — головка; 8 — надглоточный нервный узел; 9 — рот; 10 — брюшная нервная цепочка; 11 — средняя кишка; 12 — анальное отверстие

218

Пользуемся таблицами

нервной системы обуславливает наличие общественных, или социальных насекомых (например, многие пчёлы, муравьи, термиты), образующих постоянные или временные объединения — семьи. Их поведение основано на инстинктах.

Органы чувств — пара сложных фасеточных глаз и 1–3 простых глаза, усики (обоняние и осязание), а также органы вкуса, слуха, температурной чувствительности и др.

У насекомых высокоразвита и **эндокринная система**. Железы внутренней секреции выделяют ряд гормонов, например гормон линьки.

Размножение. Насекомые — раздельнополые животные с выраженным половым диморфизмом.

Развитие насекомых может происходить либо с **неполным превращением** (без стадии куколки), либо с **полным превращением** (со стадией куколки).

Основные отряды насекомых: Чешуекрылые, или Бабочки, Вши, Вши, Двукрылые, Жёсткокрылые, или Жуки, Полужесткокрылые, или Клопы, Перепончатокрылые, Прямокрылые, Равнокрылые, Стрекозы, Таракановые (табл. 5).

Таблица 5

Сравнительная характеристика отрядов насекомых

Отряды, количество видов	Характерные признаки	Представители
Насекомые с неполным превращением		
Вши, около 150	Крылья редуцированы; ротовой аппарат колкоце-сосущий; ноги цепляющиеся; паразиты человека и животных	Человеческая вошь (головная и платяная)
Полужесткокрылые, или Клопы, более 30 000	Две пары крыльев (передние — полужесткокрылые, задние — перепончатые), сложенные в покое на спине плоско; ротовой аппарат колкоце-сосущий	Постельный клоп, постельный клоп, водомер, вредная черепашка
Прямокрылые, более 20 000	Две пары крыльев (передние — надкрылья с прерывными жилками, задние — верные перепончатые крылья); ротовой аппарат грызущий; задние ноги часто прыгательные	Обыкновенный кузнечик, дождевой сверчок, саранча

219

Проверяем правильность выполнения заданий

5. Органы человека и его здоровья

Система ABO представлена четырьмя группами крови, обозначаемые римскими цифрами и буквами латинского алфавита: I (0), II (A), III (B), IV (AB) (табл. 10). Агглютиногены обозначаются большими латинскими буквами A и B, а агглютинины — греческими буквами α и β . В крови человека с агглютиногеном A нет агглютинина α , с B — β .

Таблица 10

Группы крови по системе ABO

Группа крови	Агглютиногены	Агглютинины
I (0)	—	α и β
II (A)	A	β
III (B)	B	α
IV (AB)	A и B	—

В системе **резус** лица с антигеном D на поверхности эритроцитов называются **резус-положительными** (Rh⁺), а не имеющие его — **резус-отрицательными** (Rh⁻). При переливании крови резус-положительным лицам резус-отрицательным также происходит агглютинация. Резус-фактор имеет важное значение для протекания беременности: если мать резус-отрицательная, а плод — резус-положительный, то может возникнуть **резус-конфликт**.

Переливание крови

При переливании учитываются особенности групп крови. Лица с I группой крови называют **универсальными донорами**, так как их кровь можно переливать лицам с любой группой крови. Людям со II группой крови можно переливать кровь лиц с I и II группами крови, а лицам с III — кровь I и III групп.

Лица с IV группой крови называют **универсальными реципиентами**, так как им можно переливать кровь любой группы. Однако в настоящее время переливают только плазму, сыворотку или массу форменных элементов, соответствующую группе крови реципиента.

Рис. 181. Схема совместимости групп крови при переливании

290

Выполняем задания

Знакомимся с интересными фактами

5.7. Внутренняя среда организма человека

Это интересно!

Наиболее быстро движется кровь в аорте — 0,5 м/с, в капиллярах — наиболее медленно — 0,5 мм/с. В крупных венах — 0,25 м/с. В организме человека каждый час заменяется более 7 миллиардов клеток крови. Вес костного мозга составляет около 2,5 кг, но за 70 лет жизни человека он вырабатывает приблизительно 1000 кг лейкоцитов и 650 кг эритроцитов. Международное общество трансфузиологов признаёт более 20 систем групп крови. Недостаток витамина D может повышать частоту простудных заболеваний. У курящих людей значительно ухудшено производство антител.

Типовые задания

Какой иммунитет возникает после перенесения ребёнком инфекционного заболевания корь?

- 1) естественный врождённый
- 2) естественный приобретённый
- 3) искусственный активный
- 4) искусственный пассивный

► Ответ. 2



Установите соответствие между особенностями строения и функций и форменными элементами крови, для которых они характерны: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ФУНКЦИЙ

- A) является хранилищем иммунной памяти
- B) может осуществлять фагоцитоз
- В) содержит ядро части сложной формы
- Г) в 1 мл крови содержится около 4,9–5,5 млрд
- Д) имеет форму двояковогнутого диска
- Е) цитоплазма обогащена молекулами хромоглобина

ФОРМЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

- 1) лейкоцит
- 2) эритроцит

Запишите выбранные **цифры** под соответствующими буквами.

► Ответ.

	A	B	B	Г	Д	Е
1	1	1	1	2	2	2

291

1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА. ОБЩИЕ ПРИЗНАКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1.1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА. ОБЩИЕ ПРИЗНАКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Основные понятия и термины

- ▶ **Биология** — комплекс наук о живой природе, изучающих строение и функции живых существ, их разнообразие, происхождение и развитие, а также взаимодействие с окружающей средой.
- ▶ **Общие признаки биологических систем:** клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение и эволюция.
- ▶ **Адаптация** — приспособление организма к условиям окружающей среды.
- ▶ **Гомеостаз** — способность биологических систем поддерживать относительное постоянство химического состава, строения и свойств, а также обеспечивать постоянство функционирования в изменяющихся условиях окружающей среды.
- ▶ **Движение** — перемещение тел и их частей в пространстве.
- ▶ **Обмен веществ и энергии (метаболизм)** — совокупность физических, химических и физиологических превращений веществ и энергии, происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность.

- ▶ **Раздражимость** — свойство живого реагировать на внешние и внутренние воздействия.
- ▶ **Рост** — количественные изменения в биологической системе за счёт увеличения числа и объёма её составляющих.
- ▶ **Развитие** — большей частью качественные преобразования в биологической системе.
- ▶ **Эволюция** — необратимый процесс исторического развития живого.
- ▶ **Основные уровни организации живой материи:** клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный.
- ▶ **Одноклеточный организм** — организм, у которого единственная клетка выполняет функции целостного организма.
- ▶ **Многоклеточный организм** — организм, состоящий из множества клеток, которые специализируются на выполнении различных функций, образуя группы клеток, ткани, органы и системы органов, но теряют способность к самостоятельному существованию.
- ▶ **Колониальный организм** — организм, у которого в процессе бесполого размножения дочерние особи остаются соединёнными с материнским организмом, образуя колонию.

Объяснение и важные примеры

Биология — совокупность наук о живой природе во всём её многообразии.

Общие признаки биологических систем. Биологические системы отличаются от тел неживой природы совокупностью *признаков*.

Живые системы являются *открытыми системами*, так как осуществляют обмен веществом и энергией с окружающей средой. Основными процессами обмена веществ и превращения энергии являются питание, дыхание, выделение. Данное свойство живого также обеспечивает поддержание *гомеостаза*.

Универсальное свойство живого реагировать на внешние и внутренние воздействия, которое лежит в основе их приспособления к условиям окружающей среды, или *адаптации*, и выживания, называется *раздражимостью*.

Наследственная информация реализуется в ходе индивидуального развития и выражается в количественных и качественных изменениях организма, т. е. *росте и развитии*.

Продолжительность существования отдельной клетки, организма, вида и других биологических систем ограничена во времени, поэтому требуется постоянное *воспроизведение* (размножение, репродукция) этих систем. Размножение организмов поддерживает существование вида, а размножение всех видов, населяющих Землю, — существование биосферы в целом.

Уровневая организация живой природы. Биологические объекты разной степени сложности уровней организации (клетки, организмы и др.) рассматривают в настоящее время как *биологические системы*. Характерными чертами биологических систем являются их целостность, уровневый принцип организации и открытость.

Целостность биологических систем в значительной степени достигается за счёт саморегуляции, функционирующей по принципу обратной связи.

Живая природа — сложно организованная многоуровневая система. По особенностям проявления свойств живого выделяют пять основных *уровней организации живой материи*. У многоклеточных организмов могут существовать также промежуточные уровни, например тканевый, органный и др. На каждом из этих уровней различают элементарную единицу и элементарное явление.

Клеточный уровень. Проявления некоторых свойств живого обусловлены взаимодействием биологических макромолекул (белков, нуклеиновых кислот и др.), однако только клетка способна осуществлять и сопрягать процессы реализации и передачи наследственной информации с обменом веществ и превращения энергии, обеспечивая тем самым функционирование более высоких уровней организации. Элементарная единица — клетка, элементарное явление — реакции клеточного метаболизма.

Организменный уровень. Организм — это целостная система, способная к самостоятельному существованию. В зависимости от количества клеток, входящих в состав организма, и степени их взаимодействия выделяют *одноклеточные, колониальные и многоклеточные организмы*.

Одноклеточными являются подавляющее большинство бактерий, часть животных, растений и грибов. Деление клетки у одноклеточных влечёт за собой увеличение количества особей, в их жизненном цикле отсутствуют многоклеточные стадии.

Колониальные организмы, по-видимому, были промежуточным звеном в процессе возникновения многоклеточных, например водоросль вольвокс.

Многоклеточные организмы имеют более совершенные системы регуляции, чем одноклеточные, и более устойчивы к воздействию условий окружающей среды. Деление отдельной клетки приводит к росту многоклеточного организма, но не к его размножению. Многоклеточными является большинство растений, животных и грибов, а также немногие бактерии.

У одноклеточных организмов клеточный уровень организации совпадает с организменным, тогда как большинство многоклеточных организмов представлено совокупностью тканей и органов. Элементарной единицей данного уровня является особь, а элементарным явлением — процессы роста и развития в ходе онтогенеза.

Популяционно-видовой уровень. Организмы, отличающиеся от всех других организмов по ряду признаков и свободно скрещивающиеся между собой, называются *видом*. Элементарной единицей данного уровня является популяция. В популяциях становится возможным комбинирование наследственной информации в процессе её передачи потомкам при половом размножении. Элементарное явление — эволюционные преобразования.

Биогеоценотический уровень. Биогеоценоз является элементарной единицей биогеоценотического уровня. В биогеоценозах осуществляется вещественно-энергетический круговорот, обусловленный жизнедеятельностью организмов. Элементарное явление — потоки энергии и круговорот веществ.

Биосферный уровень. Биосфера является самым высоким уровнем организации жизни на планете Земля и в то же время элементарной единицей биосферного уровня. Элементарным явлением на биосферном уровне является круговорот веществ, осуществляемый благодаря живым организмам и направляемый потоком энергии.

Достижения биологии. На этапе своего становления биология ещё не существовала отдельно от иных естественных наук и ограничивалась лишь наблюдением, изучением, описанием и классификацией представителей животного и растительного мира, т. е. являлась описательной наукой. Однако это не помешало античным естествоиспытателям — Гиппократу (ок. 460–377 годы до н. э.), Аристотелю (384–322 годы до н. э.) и Теофрасту (372–287 годы до н. э.) — внести значительный вклад в развитие представлений о строении тела человека и животных, а также биологическом разнообразии животных

и растений, заложив тем самым основы анатомии и физиологии человека, зоологии и ботаники.

Важнейшими событиями в области биологии, повлиявшими на весь ход её дальнейшего развития, являются: формулировка принципов современной систематики и введение бинарной номенклатуры (К. Линней); создание эволюционных теорий (Ж. Б. Ламарк, Ч. Дарвин) и учения о биосфере (В. И. Вернадский); формулировка клеточной теории (М. Шлейден, Т. Шванн, Р. Вирхов, К. Бэр); исследование закономерностей наследственности и изменчивости (Г. Мендель, Х. де Фриз, Т. Морган и др.); открытие молекулярной структуры ДНК и её роли в передаче информации в живой материи (Ф. Крик, Дж. Уотсон, М. Уилкинс); расшифровка генетического кода (Р. Холли, Х. Г. Корана, М. Ниренберг); открытие структуры гена и генетической регуляции синтеза белков (А. М. Львов, Ф. Жакоб, Ж.-Л. Моно и др.); определение механизмов контроля потока генетической информации; расшифровка генома человека и других организмов.

Роль биологии в формировании современной естественно-научной картины мира. Накопление знаний дало толчок развитию представлений о происхождении и путях исторического развития органического мира, а клеточная теория краеугольным камнем легла в основу современных представлений о его единстве.

Открытие закономерностей передачи наследственной информации способствовало бурному развитию биологии в XX–XXI веках и привело к открытию универсального носителя наследственности — нуклеиновых кислот — и генетического кода, а также фундаментальных механизмов контроля, считывания и изменчивости наследственной информации.

Развитие представлений об окружающей среде привело к возникновению науки экологии и формулировке учения о биосфере (В. И. Вернадский), что позволяет хотя бы в небольшой степени снизить последствия хозяйственной деятельности человека.

Типовые задания



Какое свойство организмов позволяет поддерживать относительное постоянство их внутренней среды?

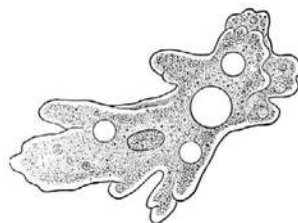
- 1) метаболизм
- 2) репродукция
- 3) гомеостаз
- 4) эволюция

► Ответ. 3.

ОГЭ

Система какого уровня организации изображена на рисунке?

- 1) клеточного
- 2) клеточного и организменного
- 3) организменного и популяционно-видового
- 4) популяционно-видового и биогеоценотического



► Ответ. 2.

ЕГЭ

Выберите два верных ответа из пяти и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

Карлу Линнею современная ботаника обязана

- 1) формулировкой первой теории эволюции растительного и животного мира
- 2) созданием единой системы классификации растительного и животного мира
- 3) описанием более шестисот новых видов растений
- 4) открытием клетки
- 5) введением бинарной номенклатуры

► Ответ. 25.

1.2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ. МЕТОДЫ БИОЛОГИИ

Основные понятия и термины

- **Ботаника** — наука о растениях и растительном покрове Земли.
- **Зоология** — наука о животных.
- **Лихенология** — наука о лишайниках.
- **Микология** — наука о грибах.
- **Бактериология** — наука о строении и жизнедеятельности бактерий.
- **Вирусология** — наука о вирусах.
- **Микробиология** — наука о микроорганизмах (бактериях, вирусах и микроскопических грибах).
- **Палеонтология** — наука об ископаемых останках живых организмов.

- ▶ **Антропология** — наука о происхождении и развитии человека как биологического вида, разнообразии популяций современного человека и закономерностях их взаимодействия.
- ▶ **Систематика, или таксономия**, — наука о классификации существующих и вымерших видов организмов.
- ▶ **Генетика** — наука о закономерностях наследственности и изменчивости.
- ▶ **Биохимия** — наука о химическом составе организмов и обмене веществ.
- ▶ **Молекулярная биология** — наука о механизмах хранения, передачи и реализации генетической информации, строении и функциях нуклеиновых кислот и белков.
- ▶ **Цитология** — наука о клетке.
- ▶ **Гистология** — наука о тканях.
- ▶ **Анатомия** — наука о внутреннем строении организмов.
- ▶ **Морфология** — наука о внешнем строении организмов.
- ▶ **Физиология** — наука о процессах жизнедеятельности.
- ▶ **Эмбриология** — наука о зародышевом развитии.
- ▶ **Экология** — наука о взаимоотношениях организмов между собой и с окружающей средой.
- ▶ **Эволюционное учение** — наука о закономерностях возникновения жизни на Земле и её развития.
- ▶ **Биотехнология** — наука об использовании живых организмов и биологических процессов в производстве.
- ▶ **Селекция** — наука о выведении групп организмов с нужными человеку свойствами.
- ▶ **Гигиена** — область медицины, которая изучает влияние условий жизни и труда на здоровье человека и разрабатывает меры профилактики заболеваний, обеспечения оптимальных условий существования, сохранения здоровья и продления жизни.
- ▶ **Психология** — наука о закономерностях функционирования психики и психической деятельности человека («наука о душе»).
- ▶ **Ветеринария** — наука о болезнях и травмах животных, а также их профилактике.

- **Моделирование** — исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путём построения и изучения их упрощённых имитаций.
- **Мониторинг** — система мероприятий по наблюдению, оценке и прогнозу изменения состояния исследуемого объекта.

Объяснение и важные примеры

Биологические науки. В настоящее время в состав биологии включают целый ряд наук, которые можно систематизировать по различным критериям: по предмету исследования, по изучаемому уровню организации живой природы и т. д.

По *предмету исследования* биологические науки делят на бактериологию, ботанику, вирусологию, зоологию, микологию. Бактериология, вирусология и некоторые аспекты микологии часто рассматриваются в составе микробиологии.

В свою очередь, эти «классические» биологические науки подразделяются на биохимию, молекулярную биологию, морфологию, анатомию, физиологию, эмбриологию, генетику и систематику растений, животных и микроорганизмов.

По *изучаемому уровню организации живой природы* выделяют молекулярную биологию, цитологию, гистологию, биологию организмов и экологию. Биология организмов включает все науки, предметом которых являются живые организмы, например *этологию* — науку о поведении.

Историческое развитие органического мира является предметом эволюционного учения, разделами которого являются палеонтология и антропология.

Прикладные аспекты биологии в основном отнесены к сфере биотехнологии и селекции.

Прогресс биологии тесно связан с успехами других естественных и точных наук, таких как физика, химия, математика, информатика. Например, микроскопирование, ультразвуковые исследования (УЗИ), томография и другие методы биологии основываются на физических закономерностях, а познание структуры биологических молекул и процессов, происходящих в живых системах, было бы невозможным без применения химических и физических методов. Применение математических методов позволяет, с одной стороны, выявить наличие закономерной связи между объектами или явлениями, подтвердить достоверность полученных результатов, а с другой — смоделировать явление или процесс. В последнее время всё

большее значение в биологии приобретают компьютерные методы, например *моделирование*. На стыке биологии и других наук возник целый ряд новых наук, таких как биофизика, биохимия, бионика и другие.

Биологические исследования являются фундаментом сельского и лесного хозяйства, психологии, медицины (в том числе — гигиены), ветеринарии, фармации, пищевой промышленности и других отраслей деятельности человека.

Методы познания живой природы. Биология получает сведения о живой природе различными методами. Их делят на *эмпирические* и *теоретические*.

Эмпирические методы основаны на познании свойств объектов с помощью органов чувств и различных приборов. К ним относят *наблюдение, описание, сравнение, измерение* и *эксперимент*. Наблюдения, измерения и эксперименты позволяют получить качественные и количественные *данные*. *Экспериментом* называется научно поставленный опыт, наблюдение исследуемого явления в контролируемых условиях, позволяющих выявить характеристики данного объекта или явления.

Теоретические методы опираются на рациональное познание и логику. К ним причисляют *анализ, синтез, классификацию, абстрагирование, моделирование, мониторинг, выдвижение гипотез, формулировку теорий* и *выведение общих закономерностей*. Например, основными модельными объектами в области физиологии человека являются лягушка и собака, а в области генетики — плодовая мушка дрозофила.

Проведение наблюдений и экспериментов требует зачастую применения специального оборудования, такого как микроскопы, центрифуги, спектрофотометры и др.

Микроскопия широко применяется в разных областях биологии. Она позволяет изучить тонкое строение объектов с использованием световых, электронных, рентгеновских и других типов микроскопов.

Устройство светового микроскопа. Световой микроскоп (рис. 1) состоит из оптических и механических частей. Оптические части участвуют в построении изображения, а механические служат для удобства пользования оптическими частями.

К оптическим частям светового микроскопа относятся зеркало (или осветитель), объектив и окуляр, соединённые тубусом. На объективе и окуляре имеются условные обозначения, свидетельствующие об их увеличении. Механическими частями микроскопа являются основание, тубусодержатель, винт и предметный столик. На

предметный столик кладут рассматриваемый препарат, а при помощи винта настраивается чёткость изображения объекта.

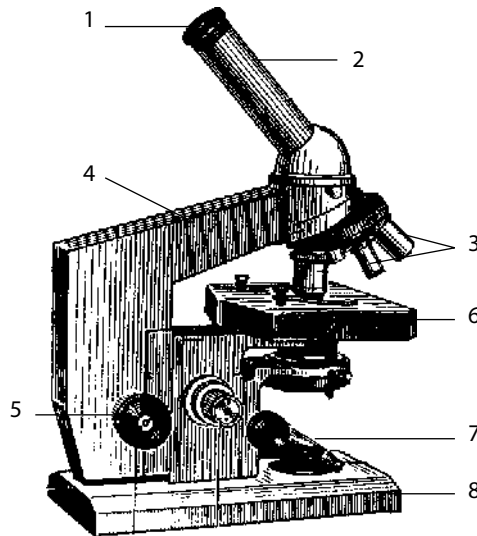


Рис. 1. Световой микроскоп

1 — окуляр; 2 — тубус; 3 — объективы; 4 — тубусодержатель; 5 — винт; 6 — предметный столик; 7 — зеркало; 8 — основание

Определение общего увеличения микроскопа. Общее увеличение микроскопа определяется по формуле:

$$\frac{\text{увеличение}}{\text{объектива}} \times \frac{\text{увеличение}}{\text{окуляра}} = \frac{\text{увеличение}}{\text{микроскопа}}$$

Например, если объектив увеличивает объект в 8 раз, а окуляр — в 7, то общее увеличение микроскопа равно 56.

Правила работы со световым микроскопом. Световой микроскоп необходимо переносить двумя руками, поддерживая одной рукой под основание, а другой — за тубусодержатель. Прибор устанавливают в устойчивое положение напротив рабочего глаза (правого или левого) на расстоянии 15–20 см от края стола, а затем протирают мягкой тканью оптические части микроскопа.

При помощи винта приподнимают тубусодержатель с объективами и устанавливают объектив малого увеличения. При помощи зеркала настраивают освещение таким образом, чтобы всё поле зрения было равномерно окрашено в белый или светло-жёлтый цвет.

На предметный столик кладут микропрепарат, и, глядя сбоку, опускают объектив на расстояние 1 см от препарата, а затем, глядя в окуляр, медленно вращают винт, увеличивая расстояние между объективом и препаратом до тех пор, пока в поле зрения не появится

изображение объекта. При необходимости можно установить объектив большого увеличения.

По завершении работы с микроскопом убирают все объективы, опускают тубусодержатель, а микроскоп возвращают на место хранения.

Правила приготовления временного микропрепарата. Для приготовления микропрепарата на предметное стекло наносят каплю воды, делают тонкий срез объекта при помощи скальпеля или бритвенного лезвия на весу или на твёрдой поверхности, а затем помещают этот срез в каплю воды. При помощи препаровальных игл срез расправляют таким образом, чтобы под ним не осталось пузырьков воздуха. Сбоку от препарата в каплю воды устанавливают ребром покровное стекло, и резким движением опускают его, не отрывая от предметного стекла. Избыток воды убирают фильтровальной бумагой. При необходимости препараты окрашивают специальными красителями.

Типовые задания



Объекты изучения какой из приведённых наук находятся на надорганизменном уровне организации живого?

- 1) биохимии
- 2) экологии
- 3) цитологии
- 4) физиологии

► Ответ. 2.



Расположите в правильном порядке пункты инструкции по работе со световым микроскопом.

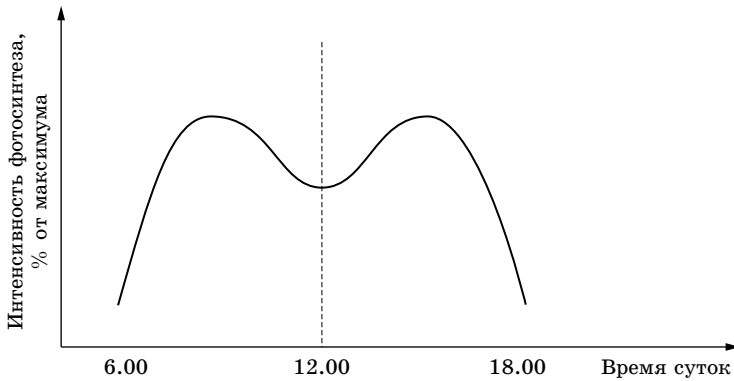
В ответе запишите соответствующую последовательность цифр.

- 1) при помощи зеркала настройте освещение
- 2) положите микропрепарат на предметный столик
- 3) приподнимите тубусодержатель с объективами с помощью винта
- 4) установите объектив
- 5) глядя в окуляр, медленно вращайте винт до тех пор, пока в поле зрения не появится изображение объекта
- 6) глядя сбоку, опустите объектив на расстояние 1 см от препарата

► Ответ. 341265.



Проанализируйте график интенсивности фотосинтеза у растений саванны.



Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа представленных данных.

Интенсивность фотосинтеза

- 1) возрастает в течение дня
- 2) зависит от факторов окружающей среды
- 3) определяется генетической программой организма
- 4) снижается в наиболее жаркое время дня
- 5) достигает максимума на рассвете и на закате

Запишите в ответе цифры, под которыми указаны выбранные утверждения.

► Ответ. 24.

2. КЛЕТКА КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Основные понятия и термины

► Основные положения клеточной теории:

1. Клетка — единица строения, жизнедеятельности, роста и развития живых организмов; вне клетки жизни нет.
2. Клетка — единая система, состоящая из множества закономерно связанных друг с другом элементов, представляющих собой определённое целостное образование.
3. Клетки всех организмов сходны по своему химическому составу, строению и функциям.
4. Новые клетки образуются только в результате деления материнских клеток; «клетка от клетки».
5. Клетки многоклеточных организмов имеют полный набор генов, но отличаются друг от друга функционированием различных группы генов, следствием чего является морфологическое и функциональное разнообразие клеток — дифференцировка.
6. Клетки многоклеточных организмов образуют ткани, из тканей состоят органы. Жизнь организма в целом обусловлена взаимодействием составляющих его клеток.

► **Макроэлементы** — химические элементы, присутствующие в клетках живых организмов в больших количествах (О, С, Н, N, S, P, K, Ca, Na, Cl, Mg, Fe).

► **Микроэлементы** — химические элементы, присутствующие в клетках живых организмов в очень низких концентрациях (Zn, Cu, Mn, Mo, Co, Se, I, F и др.).

► **Ультрамикроэлементы** — химические элементы, имеющиеся в клетках живых организмов в следовых количествах (Ag, Au, Be и др.).

Объяснение и важные примеры

2.1. РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О КЛЕТКЕ

1665 г. — открытие клетки английским естествоиспытателем Р. Гуком.

1827 г. — открытие яйцеклетки млекопитающих и человека русским эмбриологом К. Бэр, а также доказательство факта развития любого многоклеточного организма из одной клетки.

1831 г. — открытие клеточного ядра английским ботаником Р. Броуном.

1838–1839 гг. — формулировка *клеточной теории* бельгийским ботаником М. Шлейденом и немецким зоологом Т. Шванном.

Клеточная теория сыграла огромную роль в формировании материалистической картины мира, способствовала прогрессу как самой биологии, так и смежных наук, поскольку выявление материальной основы наследственности и изменчивости, а также их закономерностей стали одним из важнейших доказательств единства происхождения живых организмов и эволюции.

В дальнейшем было уточнено строение клетки, описаны её органоиды, исследованы способы образования новых клеток и стало понятным первостепенное значение клеточных структур в передаче наследственных свойств. Всё это способствовало выделению науки о клетке в самостоятельную отрасль знания — *цитологию*.

2.2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

В составе живых организмов нет ни одного элемента, которого не было бы в неживой природе, однако их концентрация в телах живой и неживой природы различается.

Организмы способны синтезировать сложные органические вещества — нуклеиновые кислоты, белки, углеводы, липиды и др. Содержание химических веществ в различных клетках и тканях, а также у разных организмов может существенно варьировать. Например, в животных клетках среди органических соединений преобладают белки, а в клетках растений — углеводы.

2.2.1. Макро- и микроэлементы

В живых организмах обнаружено около 80 химических элементов (рис. 2), но только для 27 из них установлены биологические функции. В зависимости от концентрации элементы делят на *макро-* (более 0,01 %), *микро-* (0,00001–0,01 %) и *ультрамикроэлементы* (менее 0,00001 %).

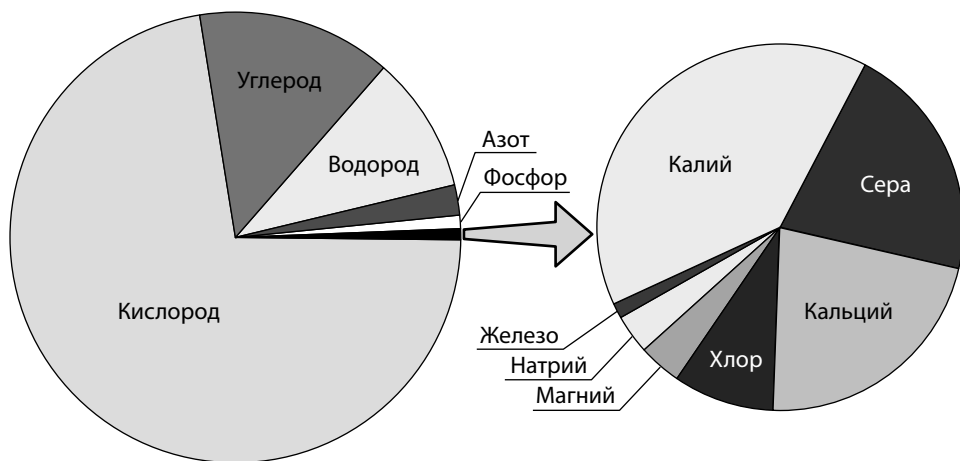


Рис. 2. Содержание химических элементов в клетке

Суммарное содержание *макроэлементов* в организме составляет более 99 %. К макроэлементам относят кислород, углерод, водород, азот, фосфор, серу, калий, кальций, натрий, хлор, магний и железо. Первые четыре из перечисленных элементов (кислород, углерод, водород и азот) называют *органогенными*, поскольку они входят в состав основных органических соединений. Фосфор и сера также являются компонентами ряда органических веществ, например белков и нуклеиновых кислот.

Калий, натрий и хлор участвуют в возникновении нервного импульса. Калий также необходим для работы многих ферментов и удержания воды в клетке. Кальций входит в состав клеточных стенок растений, костей, зубов и раковин моллюсков, требуется для сокращения мышечных клеток, а также для свёртывания крови. Магний является компонентом *хлорофилла* — пигмента, обеспечивающего протекание фотосинтеза. Он также принимает участие в биосинтезе белка. Железо входит в состав гемоглобина, переносящего кислород в крови, оно необходимо для протекания процессов дыхания и фотосинтеза, а также для функционирования многих ферментов.

Общее количество *микроэлементов* невелико и, как правило, не достигает 0,1 %. К микроэлементам относятся цинк, медь, марганец, кобальт, йод, фтор и др. Цинк входит в состав молекулы гормона поджелудочной железы — инсулина, медь требуется для процессов фотосинтеза и дыхания. Кобальт является компонентом витамина В₁₂. Йод необходим для синтеза гормонов щитовидной железы, обеспечивающих нормальное протекание обмена веществ, а фтор связан с формированием эмали зубов. Марганец оказывает влияние на

функционирование нервной системы, процессы роста, метаболизма витаминов В, С, Е.

Роль ультрамикроэлементов в организме пока недостаточно ясна.

Как недостаток, так и избыток или нарушение обмена макро- и микроэлементов приводят к развитию различных заболеваний. Например, недостаток кальция вызывает рахит, нехватка азота — тяжёлую белковую недостаточность, дефицит железа и кобальта — анемию, отсутствие йода — нарушение образования гормонов щитовидной железы, снижение интенсивности обмена веществ и образование зоба, а недостаток фтора — кариес.

Типовые задания



Дефицит какого элемента может вызвать рахит у детей?

- 1) железа
- 2) кальция
- 3) калия
- 4) натрия

► Ответ. 2.



Клеточное строение бактерий, грибов, животных и растений, сходство их химического состава и строения являются доказательством

- 1) единства органического мира
- 2) различного происхождения этих групп организмов
- 3) единства живой и неживой природы
- 4) происхождения эукариотических организмов от прокариотических

► Ответ. 1.



Установите соответствие между химическим элементом и группой биологически значимых элементов, к которой они относятся: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

- А) кислород
- Б) марганец
- В) медь
- Г) йод
- Д) магний

**ГРУППА БИОЛОГИЧЕСКИ
ЗНАЧИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

- 1) микроэлементы
- 2) макроэлементы

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д
2	1	1	1	2

2.2.2. Неорганические и органические вещества клетки

Основные понятия и термины

- ▶ **Функции воды в клетке:** универсальный растворитель, среда для протекания химических реакций, исходное вещество и продукт реакций, поддержание объёма клетки, терморегуляция.
- ▶ **Полимер** — высокомолекулярное соединение, состоящее из большого числа повторяющихся звеньев — мономеров.
- ▶ **Мономер** — повторяющийся низкомолекулярный структурный компонент полимера.
- ▶ **Углеводы** — органические соединения, образованные тремя химическими элементами — углеродом, водородом и кислородом (общая формула — $C_m(H_2O)_n$).
- ▶ **Моносахариды** — элементарные углеводы, имеющие 2–10 атомов углерода.
- ▶ **Олигосахариды** — углеводы, образованные 2–10 остатками моносахаридов.
- ▶ **Полисахариды** — биополимеры, мономерами которых являются остатки моносахаридов.
- ▶ **Липиды** — разнородная в химическом отношении группа гидрофобных веществ:
 - *жиры*, или *триацилглицеролы*, — сложные эфиры трёхатомного спирта глицерина и трёх высших жирных кислот;
 - *воски* — сложные эфиры высших жирных кислот и высокомолекулярных спиртов;
 - *стероиды* — липиды, имеющие молекулы с четырьмя углеводородными циклами и обладающие высокой биологической активностью;
 - *фосфолипиды* — сложные эфиры многоатомного спирта (глицерина), жирных кислот и ортофосфорной кислоты;
 - *гликолипиды* — сложные липиды, содержащие остатки липида и углевода.

Объяснение и важные примеры

Объекты живой природы состоят из неорганических (вода, минеральные соли, кислоты и др.) и органических (белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды, АТФ, витамины и др.) соединений (рис. 3).

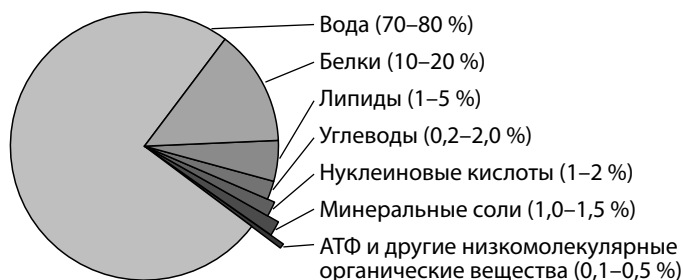


Рис. 3. Содержание химических веществ в клетке

Неорганические вещества

Вода (H_2O) — наиболее распространённое неорганическое вещество клетки. Молекулы воды обладают дипольными свойствами, т. е. полюса молекулы заряжены разноимённо. Между молекулами воды возникают водородные связи (рис. 4), которые обуславливают явления поверхностного натяжения, капиллярности и свойства воды как *универсального растворителя*. Вследствие этого все вещества делятся на водорастворимые (гидрофильные) и нерастворимые в воде (гидрофобные или липорастворимые). Химические реакции в клетке протекают в водных растворах. Вода является исходным веществом в процессе фотосинтеза и продуктом реакций энергетического обмена. Высокая теплоёмкость воды ($4200 \text{ кДж/моль}\cdot\text{K}$) обуславливает её участие в процессах *терморегуляции*. Благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам она стала основой жизни на Земле.

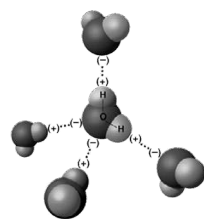


Рис. 4. Образование водородной связи

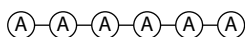
Среднее содержание воды в клетках организма снижается с возрастом и неодинаково в клетках различных тканей: 74 % массы тела у новорождённого против 66 % у взрослого человека; в костях — около 20 % воды, в головном мозге — 86 %.

Минеральные соли в клетке могут находиться в растворённом или нерастворённом состояниях. *Растворимые соли* диссоциируют на положительно и отрицательно заряженные ионы — катионы и анионы. Наиболее важными катионами являются ионы калия, натрия, кальция, магния, железа и др. (их функции см. выше), а анионами — фосфат-анион, входящий в состав АТФ и нуклеиновых кислот, и карбонат-анион. Растворимые соли определяют буферные свойства цитоплазмы (стабильность pH), а также проникновение воды в клетку и её удержание.

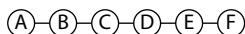
Нерастворимые соли и оксиды, например карбонат кальция и кремнезём, входят в состав костей, зубов, раковин и панцирей одноклеточных и многоклеточных животных.

Обкладочные клетки желудка человека вырабатывают *соляную кислоту*, которая активизирует пищеварительный фермент пепсин.

Органические вещества



Регулярный полимер



Нерегулярный полимер

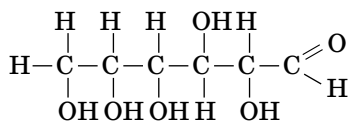
Рис. 5. Схематическое изображение строения регулярных и нерегулярных полимеров

Органические вещества клетки представлены молекулами разной степени сложности. Ряд важнейших соединений клетки является *полимерами*. В зависимости от того, повторяются или нет звенья полимеров, их относят к *регулярным* или *нерегулярным* (рис. 5). Полимерами клетки являются углеводы (полисахариды), белки и нуклеиновые кислоты. Они составляют до 90 % массы сухого вещества клетки.

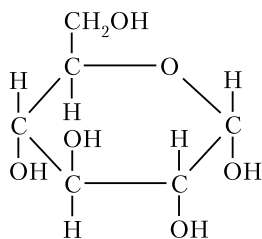
Углеводы

Углеводы делят на три основных класса: моносахариды, олигосахариды и полисахариды.

Моносахариды при расщеплении не дают других углеводов. Один атом углерода в их молекуле связан с карбонильной группой (альдегидной или кетонной), а остальные — со спиртовыми. По количеству атомов углерода в молекуле моносахариды делятся на пентозы (C_5), гексозы (C_6) и др. К пентозам относятся рибоза, дезоксирибоза и др., а к гексозам — глюкоза, фруктоза, галактоза и др.



линейная форма



циклическая форма

Рис. 6. Строение молекулы глюкозы

Рибоза ($C_5H_{10}O_5$) входит в состав нуклеотидов РНК, АТФ и коферментов НАД, НАДФ и др. **Дезоксирибоза** ($C_5H_{10}O_4$) является компонентом нуклеотидов ДНК.

Глюкоза, или виноградный сахар, ($C_6H_{12}O_6$) (рис. 6) встречается в свободном виде, входит в состав олиго- и полисахаридов. **Фруктоза**, или плодовый сахар, ($C_6H_{12}O_6$) в наибольших концентрациях содержится в плодах, мёде, входит в состав сахарозы.

Моносахариды — белые кристаллические вещества, растворимые в воде и сладкие на вкус.

В зависимости от количества остатков моносахаридов *олигосахариды* делят на *дисахариды* (два остатка моносахаридов), *трисахариды* (три) и т. д. К дисахаридам относятся сахароза, лактоза и мальтоза. *Сахароза* (свекловичный, или тростниковый, сахар) состоит из остатков глюкозы и фруктозы (рис. 7), она встречается в запасющих органах некоторых растений, особенно в корнеплодах сахарной свёклы и сахарного тростника. *Лактоза* (молочный сахар) образована остатками глюкозы и галактозы, содержится в материнском и коровьем молоке. *Мальтоза* (солодовый сахар) состоит из двух остатков глюкозы. Она образуется в процессе расщепления крахмала в семенах растений и в пищеварительной системе человека.

Олигосахариды в основном также кристаллические, хорошо растворимы в воде и сладки на вкус.

К *полисахаридам* относятся крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин и др.

Крахмал — основное запасное вещество растений. Его мономером является глюкоза (рис. 8). Качественная реакция на крахмал — реакция с йодом, при которой он окрашивается в сине-фиолетовый цвет.

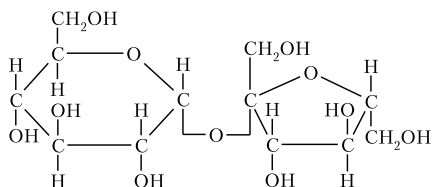


Рис. 7. Строение молекулы сахарозы

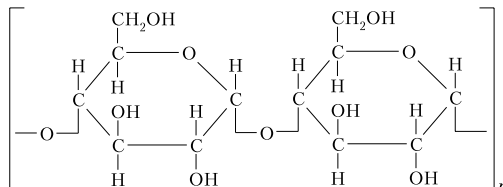


Рис. 8. Строение молекулы крахмала

Гликоген (животный крахмал) — запасной полисахарид животных и грибов, у человека в наибольших количествах накапливается в мышцах и печени. Его мономером является глюкоза.

Целлюлоза (клетчатка) — основной опорный полисахарид растений, образующий клеточные стенки растений (рис. 9). Мономером целлюлозы является глюкоза.

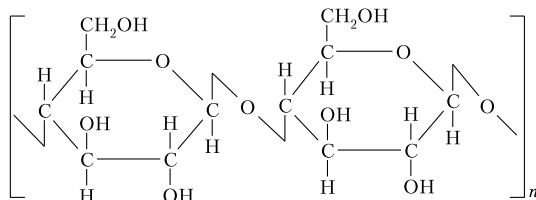


Рис. 9. Строение молекулы целлюлозы

Хитин — это полисахарид, мономером которого является азот-содержащий моносахарид на основе глюкозы. Он входит в состав клеточных стенок грибов и наружных скелетов (кутикулы) членистоногих.

Полисахариды несладки на вкус и нерастворимы в воде.

Функции углеводов. Углеводы выполняют в клетке пластическую (строительную), энергетическую (17,2 кДж/г), запасующую и опорную функции.

Липиды

Липиды жирны на ощупь и не растворяются в воде, образуя в ней *эмульсии* — взвеси капелек одной жидкости в другой. Липиды могут растворяться в органических растворителях (ацетоне, этаноле и др.).

По химическому строению липиды делят на жиры, воски, стероиды, фосфолипиды, гликолипиды и др.

Молекула *жира* имеет двойственные свойства, так как остаток глицерина образует гидрофильную «головку», а остатки жирных кислот — гидрофобные «хвосты» (рис. 10). В составе молекул жира чаще всего встречаются пальмитиновая, стеариновая и олеиновая

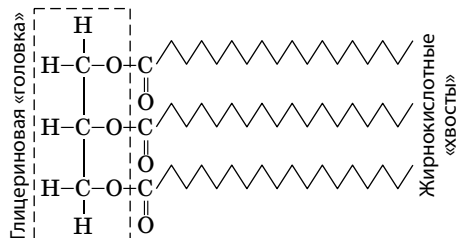


Рис. 10. Строение молекулы жира

кислоты. Жиры откладываются в запас у растений и животных, например, в подкожной жировой клетчатке.

У растений *воски* образуют плёнку на поверхности листьев, плодов и молодых стеблей для защиты от излишней потери влаги и предотвращения проникновения возбудителей заболеваний

и т. п. У насекомых они покрывают тело или служат для построения сот.

К *стероидам* относятся обязательный компонент клеточных мембран — холестерин (холестерол), гормоны эстрадиол и тестостерон, витамин D.

Фосфолипиды и **гликолипиды** входят в состав клеточных мембран.

Функции липидов. Липиды выполняют в клетке пластическую (строительную), энергетическую (38,9 кДж/г), запасующую, защитную и регуляторную функции, могут быть витаминами.

Типовые задания



Постоянство pH крови обеспечивается

- 1) кислотами
- 2) углеводами
- 3) нерастворимыми солями
- 4) растворимыми солями

► Ответ. 4.



В приведённой ниже таблице между позициями первого и второго столбца имеется взаимосвязь.

ОБЪЕКТ	СТРУКТУРА
Гликоген	Гранулы в клетках животных и грибов
Клетчатка	...

Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) клеточные стенки грибов
- 2) зёрна в клетках растений
- 3) клеточные стенки растений
- 4) кутикулы насекомых

► Ответ. 3.



Все перечисленные ниже признаки, кроме двух, можно использовать для характеристики стероидов. Определите два признака, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) основу молекулы составляют четыре углеродных цикла
- 2) входят в состав клеточных мембран
- 3) защищают органы растений от избыточного испарения
- 4) откладываются в запас у растений и животных
- 5) выполняют регуляторную функцию

► Ответ. 34.

Белки и нуклеиновые кислоты

Основные понятия и термины

- ▶ **Белки** — высокомолекулярные соединения (биополимеры), мономерами которых являются аминокислоты, соединённые пептидными связями.
- ▶ **Аминокислота** — мономер белка, имеющий карбоксильную группу, аминогруппу и радикал.
- ▶ **Нуклеиновые кислоты** — биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды.
- ▶ **Нуклеотид** — мономер нуклеиновой кислоты, который состоит из азотистого основания, остатка сахара-пентозы и остатка ортофосфорной кислоты.
- ▶ **Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)** — двухцепочечный биополимер, мономерами которого являются дезоксирибонуклеотиды.
- ▶ **Принцип комплементарности:** $A = T, G \equiv C$.
- ▶ **Рибонуклеиновая кислота (РНК)** — биополимер, мономерами которого являются рибонуклеотиды.
- ▶ **Виды РНК:** мРНК (иРНК), тРНК, рРНК.
- ▶ **Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)** — нуклеозидтрифосфат, являющийся универсальным источником энергии в клетке.

Объяснение и важные примеры

Белки

Аминокислоты и пептиды

В природе встречается около 200 аминокислот, которые различаются взаимным расположением функциональных групп и радикалами (рис. 11), но только 20 из них входят в состав белков. Такие аминокислоты называют *протеиногенными*.

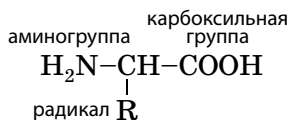


Рис. 11. Общая формула аминокислоты

Аминокислоты, которые образуются в организме человека в необходимом количестве, называют *заменимыми* (их насчитывается 12), а аминокислоты, которые не синтезируются и должны поступать с пищей, — *незаменимыми* (8). К незаменимым

аминокислотам относят валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин.

Последовательность из двух аминокислот, связанных пептидными связями (рис. 12), называется *дипептидом*, из трёх — *трипептидом*, из более чем десяти аминокислот — *полипептидом* и т. д. Среди пептидов встречаются такие важные соединения, как гормоны (окситоцин, вазопрессин), антибиотики и др. Полипептиды, содержащие более 60 аминокислотных остатков, также называются *белками*.

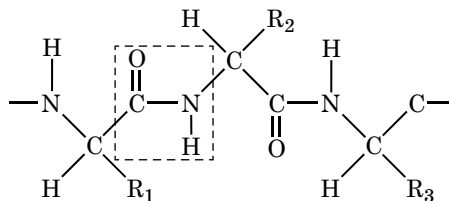


Рис. 12. Пептидная связь

Уровни структурной организации белка

У белков различают первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры.

Первичная структура белка — это последовательность аминокислот, соединённых пептидной связью (рис. 13). Особенности аминокислотного состава белка обуславливают его пространственную укладку — возникновение вторичной и третичной структур, а также свойств белка в целом.

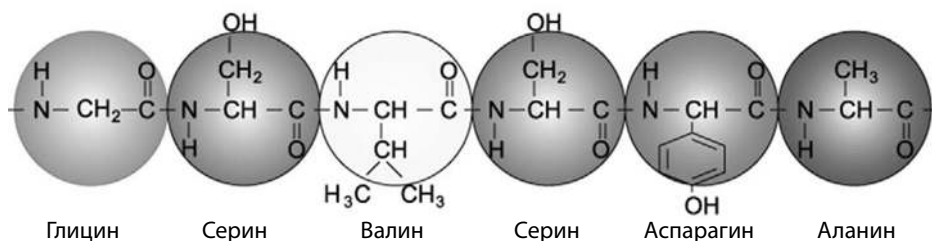


Рис. 13. Первичная структура белка

Вторичная структура представляет собой упорядоченную пространственную структуру белковой молекулы в виде *спирали* или *складок* (рис. 14), поддерживаемых водородными связями, которые возникают между атомами кислорода и водорода. Преимущественно вторичную структуру имеют кератины волос и ногтей, фиброин шёлка, коллаген соединительной ткани.

Третичная структура белка имеет вид *глобулы* (клубка), поддерживаемой гидрофобными, водородными, дисульфидными ($-S-S-$) и ионными связями (рис. 15). Она характерна для большинства белков организма, например миоглобина мышц.

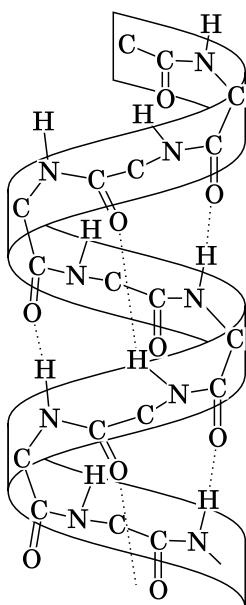


Рис. 14. Вторичная структура белка

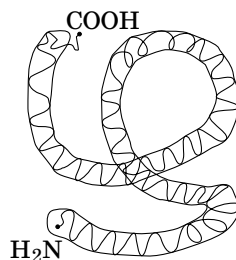
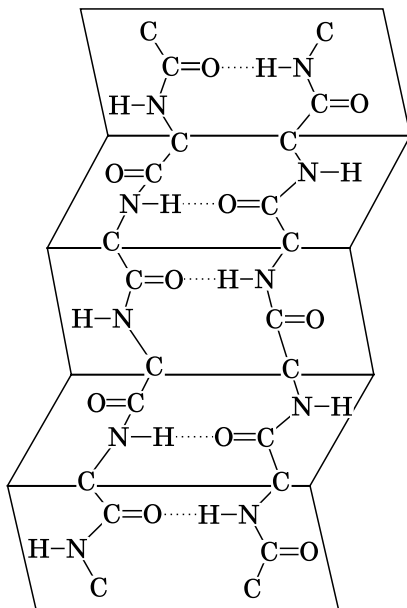


Рис. 15. Третичная структура белка



Рис. 16. Четвертичная структура белка

Четвертичная структура образована несколькими глобулами, которая поддерживается слабыми взаимодействиями (гидрофобными, ионными, водородными и др.) (рис. 16). Четвертичную структуру имеют гемоглобин и хлорофилл.

По форме молекулы различают *фибриллярные* и *глобулярные* белки. Первые из них сохраняют вторичную структуру, а вторые имеют третичную или четвертичную.

Простые и сложные белки

Простые белки состоят только из аминокислот, а *сложные* (липопротеины, хромопротеины, гликопротеины, нуклеопротеины и др.), кроме белковой, содержат небелковую часть. *Хромопротеины* имеют окрашенную небелковую часть. К ним относятся гемоглобин, миоглобин, хлорофилл, цитохромы и др. Так, в составе гемоглобина каждая из четырёх полипептидных цепей белка глобина связана с небелковой частью — *гемом*, в центре которого находится ион железа, придающий гемоглобину красную окраску. Небелковой частью *липопротеинов* является липид, *гликопротеинов* — углевод, *нуклеопротеинов* — нуклеиновые кислоты (ДНК или РНК).

Свойства белков

В оптимальных условиях одни белки хорошо растворимы в воде, а другие растворяются только в растворах солей, щелочей, кислот

или органических растворителях. При изменении температуры, pH, атмосферного давления, под действием кислот, щелочей, солей тяжёлых металлов, органических растворителей и других факторов среды происходит денатурация белка, которая сопровождается их выпадением в осадок белого цвета. *Денатурацией* называется утрата белковой молекулой структуры, вплоть до первичной (рис. 17). Обратный процесс восстановления структуры называется *ренатурацией*, однако он не всегда возможен. Полное разрушение белковой молекулы называется *деструкцией*.

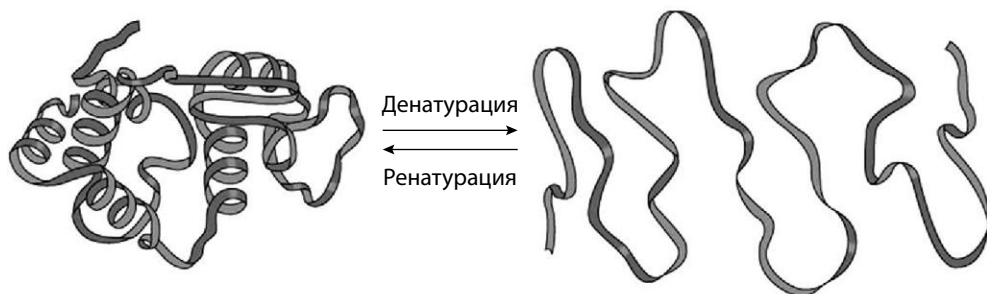


Рис. 17. Денатурация белка

Функции белков

Белки выполняют в клетке ряд функций: пластическую (в структурных компонентах клетки), каталитическую (ферментативную), энергетическую (17,2 кДж/г), сигнальную (рецепторную), сократительную, или двигательную (актин и миозин мышц, тубулин жгутиков и ресничек), транспортную (гемоглобин), защитную (противовирусный белок интерферон, антитела, белки свёртывания крови — фибриноген и др.), регуляторную (гормоны) и запасющую.

Нуклеиновые кислоты

Нуклеотиды

Особенности нуклеотидов (рис. 18) определяются азотистыми основаниями, входящими в их состав, поэтому нуклеотиды обозначаются первыми буквами их названий. В состав нуклеотидов могут входить пять азотистых оснований: аденин (А), гуанин (Г), тимин (Т), урацил (У) и цитозин (Ц). Пентозы нуклеотидов — рибоза и дезоксирибоза — определяют, какой нуклеотид будет образован — рибонуклеотид или дезоксирибонуклеотид. Рибонуклеотиды являются мономерами РНК, входят в состав макроэргических соединений

(АТФ, ГТФ) и коферментов (НАДФ, НАД, ФАД), а дезоксирибонуклеотиды образуют ДНК. В цепи РНК или ДНК нуклеотиды соединены фосфодиэфирными связями через остатки ортофосфорной кислоты и дезоксирибозы.

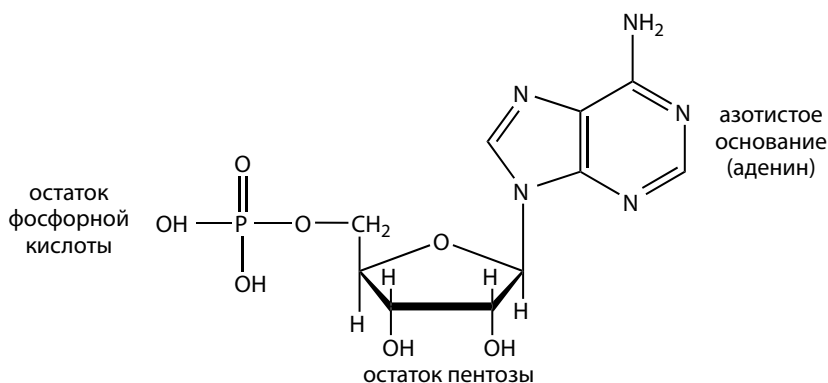


Рис. 18. Строение нуклеотида

Соединение из азотистого основания и пентозы называется *нуклеозидом*.

К нуклеиновым кислотам относятся рибонуклеиновая (РНК) и дезоксирибонуклеиновая кислоты (ДНК).

Дезоксирибонуклеиновая кислота

В состав дезоксирибонуклеотида ДНК входят азотистое основание (одно из четырёх — аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г) или цитозин (Ц)), остаток дезоксирибозы и остаток ортофосфорной кислоты.

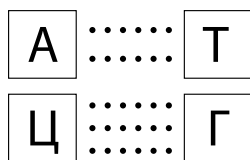


Рис. 19. Комплементарность нуклеотидов ДНК

При образовании двухцепочечной молекулы азотистые основания комплементарных цепей соединяются между собой водородными связями по *принципу комплементарности*: аденин соединяется с тимином двумя водородными связями ($A=T$), а гуанин с цитозином — тремя ($G\equiv C$) (рис. 19).

Закономерности, описывающие количественное соотношение между различными типами нуклеотидов в молекуле ДНК, получили название **правил Чаргаффа**:

1. Количество нуклеотидов ДНК, содержащих аденин, равно количеству нуклеотидов, содержащих тимин ($A=T$).
2. Количество нуклеотидов ДНК, содержащих гуанин, равно количеству нуклеотидов, содержащих цитозин ($G\equiv C$).

3. Сумма дезоксирибонуклеотидов, содержащих аденин и гуанин, равна сумме дезоксирибонуклеотидов, содержащих тимин и цитозин ($A+G = T+C$).
4. Отношение суммы дезоксирибонуклеотидов, содержащих аденин и тимин, к сумме дезоксирибонуклеотидов, содержащих гуанин и цитозин, неодинаково у разных видов организмов.

Структура ДНК была расшифрована Ф. Криком и Дж. Уотсоном. Согласно их модели молекула ДНК представляет собой правозакрученную двойную спираль (рис. 20). Расстояние между нуклеотидами в цепи ДНК равно 0,34 нм.

ДНК эукариотических клеток сосредоточена в ядре, митохондриях и пластидах, а прокариотических — находится в особом участке цитоплазмы — нуклеоиде. Ядерная ДНК эукариот является основой хромосом, она представлена незамкнутыми молекулами. ДНК митохондрий, пластов и прокариот имеет кольцевую форму.

Важнейшим свойством ДНК является способность к репликации (самоудвоению). Основной функцией ДНК является хранение и передача наследственной информации, которая записана в виде последовательностей нуклеотидов.

Рибонуклеиновая кислота

Рибонуклеотид РНК состоит из азотистого основания (одного из четырёх — аденин (А), урацил (У), гуанин (Г) или цитозин (Ц)), отличаясь тем самым от ДНК по одному из оснований (урацил вместо тимина), остатка рибозы и остатка ортофосфорной кислоты. РНК — в основном одноцепочечные молекулы, за исключением некоторых вирусных. Выделяют несколько типов РНК: информационные, или матричные (иРНК, мРНК), рибосомные (рРНК) и транспортные (тРНК). Все типы РНК образуются в процессе *транскрипции* — синтеза РНК на молекулах ДНК.

иРНК являются матрицами для синтеза полипептидных цепей. Информация о структуре белка записана в виде последовательностей нуклеотидов, каждую аминокислоту кодирует триплет нуклеотидов — *кодон*.

рРНК входят в состав клеточных органоидов — рибосом. Они играют важную роль в процессе синтеза белка. рРНК образуются в ядрышках.



Рис. 20. Трёхмерная модель строения молекулы ДНК

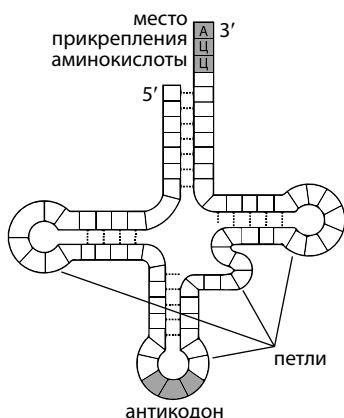


Рис. 21. Строение молекулы тРНК

тРНК транспортируют аминокислоты к месту синтеза белка (на рибосомы). Это одни из самых маленьких РНК (75–90 нуклеотидов). Вторичная структура молекулы тРНК по форме напоминает листок клевера (рис. 21). На одном из концов молекулы находится участок для прикрепления аминокислоты. В центральной петле расположен *антикодон* — триплет нуклеотидов, комплементарный кодону иРНК и определяющий, какую именно аминокислоту будет переносить тРНК.

Аденозинтрифосфорная кислота

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) состоит из азотистого основания аденина, остатка рибозы и трёх последовательно связанных между собой остатков ортофосфорной кислоты (рис. 22).

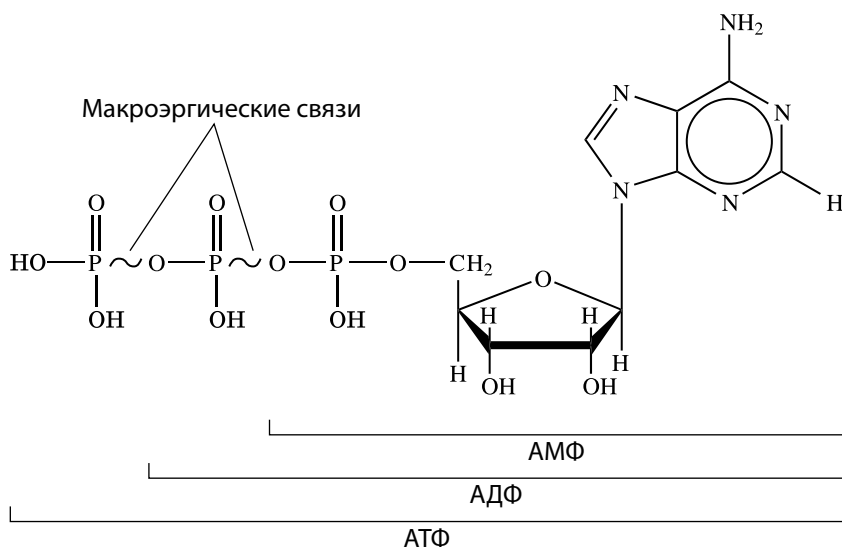
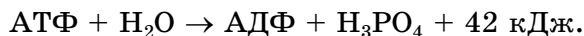
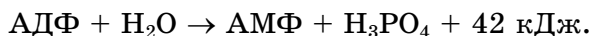


Рис. 22. Строение молекулы АТФ

Связи между фосфорными остатками — фосфоангидридные *макроэргические* (при расщеплении выделяется 42 кДж/моль энергии), тогда как стандартная химическая связь при расщеплении даёт 12 кДж/моль. При необходимости макроэргическая связь АТФ расщепляется, образуются аденозиндифосфорная кислота (АДФ), остаток фосфорной кислоты и выделяется энергия:



АДФ также может расщепляться с образованием АМФ (аденозинмонофосфорной кислоты) и остатка фосфорной кислоты:



В процессе энергетического обмена (дыхание, брожение), а также в процессе фотосинтеза к АДФ присоединяется остаток фосфорной кислоты, и она превращается в АТФ. Реакция синтеза АТФ называется *фосфорилированием*. АТФ является универсальным источником энергии для всех процессов жизнедеятельности живых организмов.

Типовые задания



Какое органическое вещество выпадает в осадок при добавлении кислоты в его раствор?

- 1) белок
- 2) липид
- 3) углевод
- 4) АТФ

► Ответ. 1.



В приведённой ниже таблице между позициями первого и второго столбца имеется взаимосвязь.

ЦЕЛОЕ	ЧАСТЬ
Белок	...
Нуклеиновая кислота	Нуклеотид

Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) моносахарид
- 2) жирная кислота
- 3) аминокислота
- 4) пептид

► Ответ. 3.



В ДНК на долю нуклеотидов с гуанином приходится 23 %. Определите процентное содержание нуклеотидов с тиминном, входящих в состав молекулы. В ответе запишите только соответствующее число.

► Ответ. 27.

2.3. ТИПЫ КЛЕТОК. БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕМБРАНЫ

Основные понятия и термины

- ▶ **Структурные компоненты клетки:** плазмалемма, цитоплазма, наследственный аппарат.
- ▶ **Цитоплазма** — внутреннее содержимое клетки, кроме ядра, плазмалеммы и надмембранного комплекса.
- ▶ **Органоиды** — постоянные компоненты клетки, выполняющие определённые функции.
- ▶ **Прокариотическая клетка** — клетка, не имеющая оформленного ядра.
- ▶ **Эукариотическая клетка** — клетка, имеющая оформленное ядро.
- ▶ **Жидкостно-мозаичная модель строения мембраны:** липидный бислой и связанные с ним белки.
- ▶ **Функции мембран:** ограничивающая, транспортная, рецепторная, каталитическая, энерготрансформирующая, образование межклеточных контактов.
- ▶ **Пассивный транспорт** происходит без затраты энергии из области с большей концентрацией вещества в область с меньшей.
- ▶ **Активный транспорт** протекает с затратой энергии АТФ из области с меньшей концентрацией вещества в область с большей.
- ▶ **Эндоцитоз** — процесс поглощения веществ клеткой с образованием впячиваний плазмалеммы.
- ▶ **Фагоцитоз** — процесс захвата и поглощения клеткой твёрдых частиц.
- ▶ **Пиноцитоз** — поглощение клеткой жидкости с растворёнными в ней веществами.
- ▶ **Экзоцитоз** — процесс выведения веществ клеткой путём слияния мембран внутриклеточных пузырьков с плазмалеммой и высвобождения их содержимого.

Объяснение и важные примеры

2.3.1. Прокариотические и эукариотические клетки

Организм человека состоит примерно из 200 видов клеток, которые специализируются на выполнении определённых функций

и различаются морфологией. Клетка представляет собой неразрывное единство составляющих её компонентов, каждый из которых выполняет свою уникальную функцию. Каждая клетка состоит из *цитоплазмы*, погружённого в неё *наследственного аппарата*, и отделена от внешней среды *плазматической мембраной*, или *плазмалеммой*, не препятствующей процессу обмена веществ и энергии (рис. 23). Снаружи от мембраны у клетки может иметься ещё надмембранный комплекс — *клеточная стенка* (бактерии, грибы, растения) или *гликокаликс* (животные).

Различают два основных типа организации клеток: прокариотические и эукариотические.

Прокариотическая клетка не имеет оформленного ядра, её наследственный аппарат не отделён от цитоплазмы мембранами. Средние размеры прокариотических клеток — 0,5–10 мкм. Большинство прокариот является одноклеточными организмами. К ним относятся бактерии и археи.

Эукариотическая клетка хотя бы на одной из стадий развития имеет *ядро*, в котором находится её ДНК. Её диаметр варьирует от нескольких до 100 мкм. Среди эукариот в основном многоклеточные организмы — растения, животные и грибы.

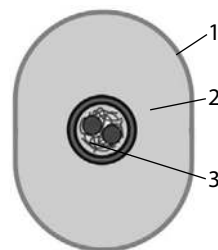


Рис. 23. Общий план строения клетки:
1 — плазматическая мембрана;
2 — цитоплазма;
3 — наследственный аппарат

2.3.2. Биологические мембраны

Состав и строение биомембраны

Мембраны, ограничивающие клетки и мембранные органоиды эукариотических клеток, имеют общий химический состав и строение. Лучше всего изучены состав, строение и функции *плазматической мембраны* клетки. Она содержит около 45 % липидов (в основном фосфолипидов), 50 % белков и 5 % углеводов (в составе гликопротеинов и гликолипидов).

Толщина мембран составляет 7–10 нм. Согласно *жидкостно-мозаичной модели строения мембраны* фосфолипиды образуют *липидный бислой* (двойной слой), с которым связаны белки. В липидном бислое гидрофильные головки молекул липидов обращены наружу, а гидрофобные хвосты спрятаны внутрь мембраны (рис. 24). Эти хвосты, благодаря своей гидрофобности, обеспечивают разделение водных фаз внутренней среды клетки и её окружения. Часть белков расположена на поверхности мембраны. Такие белки называют

периферическими, или *поверхностными*. Другие белки частично или полностью погружены в мембрану — это *интегральные*, или *погружённые белки*. Наружная поверхность плазмалеммы несёт цепочки углеводов, входящих в состав гликопротеинов и гликолипидов.

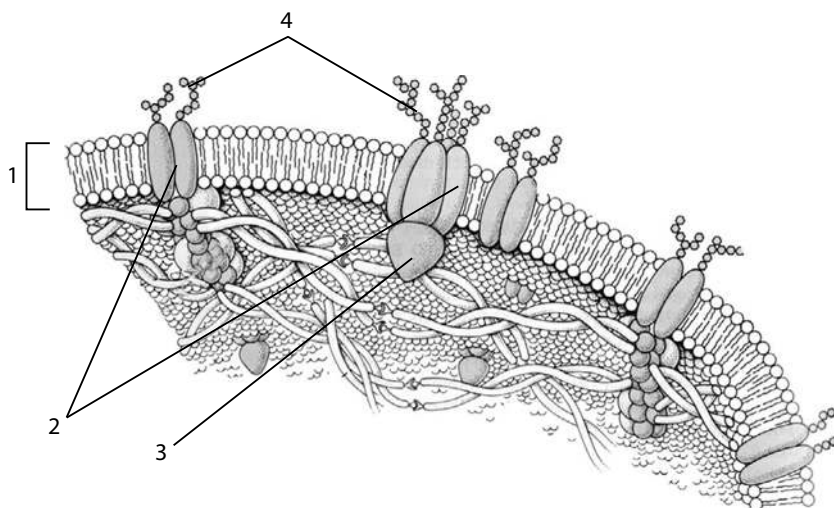


Рис. 24. Жидкотно-мозаичная модель строения мембраны (на примере плазматической мембраны эритроцита): 1 — липидный бислой; 2 — интегральные белки; 3 — периферический белок; 4 — остатки углеводов

Остатки углеводов на поверхности животных клеток образуют особую структуру — *гликокаликс*, который выполняет рецепторную функцию и обеспечивает внеклеточное пищеварение.

Функции мембран

Мембраны отделяют внутреннее пространство клетки от внешней среды, а также разграничивают его на отсеки, или компартменты. Одним из основных свойств мембраны является *избирательная проницаемость*, благодаря чему перенос частиц в клетку и из неё происходит с участием различных компонентов мембраны. Мембраны обеспечивают восприятие сигналов окружающей среды и передачу этой информации внутрь клетки с помощью размещённых в мембране белков-рецепторов. На мембранах расположены многочисленные ферментные комплексы, поэтому на них происходят интенсивные синтетические процессы, в том числе участвующие в запасании энергии в виде АТФ и её расходовании. Белки и углеводы плазматической мембраны участвуют в образовании межклеточных контактов, обеспечивают взаимное узнавание клеток, в том числе сперматозоида и яйцеклетки.

Мембранный транспорт

Транспорт веществ через мембрану клетки делят на пассивный, активный, эндо- и экзоцитоз.

К *пассивному транспорту* относят диффузию и осмос. Небольшие молекулы и ионы (O_2 , CO_2 , K^+ , Ca^{2+} , глюкоза, аминокислоты и др.) проходят через мембрану в клетку путём *диффузии* (рис. 25). Транспорт воды через мембрану из разбавленного раствора в концентрированный называется *осмосом* (рис. 26).

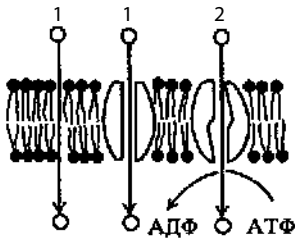


Рис. 25. Мембранный транспорт: 1 — диффузия; 2 — активный транспорт (натрий-калиевый насос)

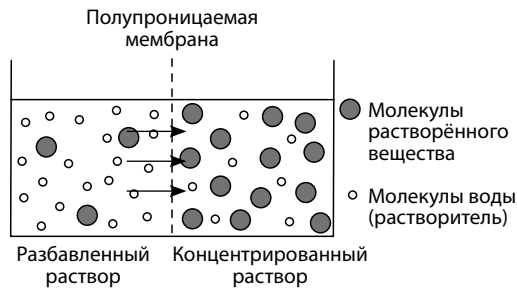


Рис. 26. Осмос

При погружении в раствор с высокой концентрацией вода выходит из клетки, и объём живого содержимого уменьшается. При этом у животных вся клетка сжимается, а у растений цитоплазма отстаёт от клеточной стенки. Это явление называется *плазмолизом* (рис. 27). При погружении в раствор с низкой концентрацией вода входит в клетку, вследствие чего животная клетка может набухать и разрываться, а растительной это не угрожает. Если растительная клетка предварительно подверглась плазмолизу, то в растворе с низкой концентрацией её живое содержимое займёт всё пространство, ограниченное клеточной стенкой — произойдёт *деплазмолиз*.

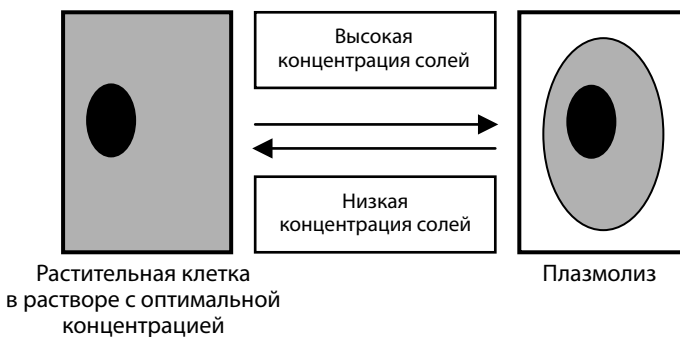


Рис. 27. Осмотические явления в клетке

Концентрация веществ в цитоплазме клеток человека примерно равна 0,9 % NaCl или 5 % сахарозы, так как транспорт воды в клетку и из неё уравновешен. Растворы 0,9 % NaCl и 5 % сахарозы называются физиологическими.

Активный транспорт (рис. 25) осуществляется специальными белками — ионными насосами, или АТФ-азами. Их примером является натрий-калиевый насос, или Na^+/K^+ -АТФ-аза. Разница концентраций ионов (K^+ , Na^+ , H^+) по обе стороны мембраны способствует транспорту органических веществ, возникновению нервных импульсов.

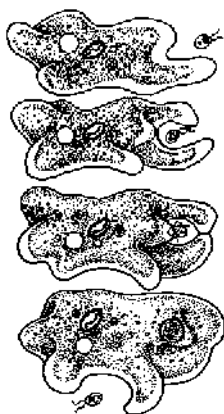


Рис. 28. Фагоцитоз у амёбы

В процессе **эндоцитоза** плазмалемма образует ложноножки или впячивания, а затем формирует мембранные пузырьки — *фагосомы*, в которых заключены поглощаемые объекты. Затем с фагосомой сливается первичная лизосома, и образуется *вторичная лизосома*, или *фаголизосома*, или *пищеварительная вакуоль*. Содержимое пузырька расщепляется ферментами лизосом, продукты расщепления поглощаются и усваиваются клеткой, а непереваренные остатки выводятся из клетки в виде *остаточного тельца*.

Основными видами эндоцитоза являются фагоцитоз и пиноцитоз. **Фагоцитоз** (рис. 28) обеспечивает питание одноклеточных животных и иммунную защиту организма (лейкоциты человека). Фагоцитозом могут захватываться бактерии и вирусы. **Пиноцитоз** наиболее активно происходит в клетках эпителия кишечника, почечных канальцев и сосудов.

Экзоцитозом выделяются непереваренные остатки пищи из пищеварительных вакуолей, выводятся вещества, необходимые для жизнедеятельности клетки и части организма в целом, например *медиаторов* в нервной системе животных и углеводов клеточной оболочки у растений.

Клеточные оболочки клеток растений и грибов

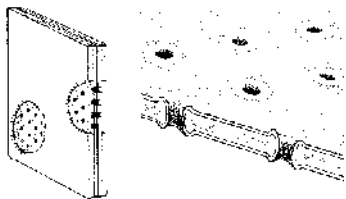


Рис. 29. Плазмодесмы

Поверх мембраны клетка может выделять прочный каркас — *клеточную оболочку*, или *клеточную стенку*.

У растений основу клеточной оболочки составляет *целлюлоза*. Она пронизана каналами — *плазмодесмами* (рис. 29), через которые проходят тяжи

цитоплазмы. По плазмодесмам осуществляется транспорт веществ между клетками. Со временем клеточная оболочка растений может одревесневать.

Клеточные стенки клеток грибов образованы *хитином*.

Оболочка определяет форму клетки, служит механической опорой, выполняет защитную функцию, обеспечивает осмотические свойства клетки, ограничивая растяжение живого содержимого и предотвращая разрыв клетки, увеличивающейся вследствие поступления воды.

Типовые задания



Какое вещество проникает в клетку осмосом?

- | | |
|----------|------------|
| 1) белок | 3) глюкоза |
| 2) вода | 4) ДНК |

► Ответ. 2.



Какой компонент имеют клетки всех без исключения организмов на Земле?

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| 1) клеточную стенку | 3) гликокаликс |
| 2) ядро | 4) плазматическую мембрану |

► Ответ. 4.



Установите последовательность процессов фагоцитоза в хронологическом порядке. Запишите соответствующую последовательность **цифр**.

- 1) выведение остаточного тельца путём экзоцитоза
- 2) образование пищеварительной вакуоли
- 3) расщепление веществ ферментами
- 4) формирование фагоцитозного пузырька
- 5) усвоение веществ клеткой

► Ответ. 42351.

2.3.3. Цитоплазма и органоиды эукариотической клетки

Основные понятия и термины

- **Митохондрия** — двумембранный органоид, выполняющий энергетическую функцию.
- **Пластиды** — двумембранные органоиды растительных клеток:
 - *хлоропласты* — зелёные пластиды, выполняющие функцию фотосинтеза;

- *хромoplastы* — жёлтые, оранжевые и красные пластиды цветков и плодов;
- *лейкопласты* — белые или бесцветные пластиды, выполняющие запасную функцию.
- ▶ **Эндоплазматическая сеть** — многофункциональная одномембранная сеть мембранных полостей (цистерн) и канальцев.
- ▶ **Аппарат Гольджи** — многофункциональный одномембранный органоид, образованный стопками плоских цистерн, канальцев и пузырьков (везикул).
- ▶ **Лизосома** — одномембранный органоид, отвечающий за внутриклеточное переваривание веществ.
- ▶ **Вакуоль** — полость в цитоплазме клеток, ограниченная мембраной и заполненная жидкостью.
- ▶ **Рибосомы** — немембранные органоиды, выполняющие функцию синтеза белка.
- ▶ **Микротрубочки и микрофиламенты** — немембранные органоиды, выполняющие опорную и двигательную функции.
- ▶ **Клеточный центр** — немембранный органоид животных клеток, принимающий участие в делении клетки.
- ▶ **Включения** — возникающие и исчезающие в процессе жизни клетки компоненты, которые выполняют в основном запасную или выделительную функции.
- ▶ **Ядро** — крупный двумембранный органоид эукариотической клетки, выполняющий функции хранения и передачи наследственной информации.

Объяснение и важные примеры

Цитоплазма

Цитоплазма состоит из основного вещества — *гиалоплазмы* — и погружённых в неё *органов* и *включений*. Гиалоплазма (матрикс цитоплазмы, или цитозоль) — это жидкая часть цитоплазмы, представляющая собой коллоидный раствор, в котором находится своеобразная взвесь достаточно крупных частиц, например белков, окружённых диполями молекул воды. Осаждения этой взвеси не происходит вследствие того, что частицы имеют одинаковый заряд и отталкиваются друг от друга.

Цитоплазма связывает все части клетки между собой, в ней протекают многочисленные реакции обмена веществ.

Органоиды

Органоиды клетки делят на *двумембранные* (митохондрии, пластиды и ядро), *одномембранные* (эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы и вакуоли), *немембранные* (рибосомы, микротрубочки, микрофиламенты и клеточный центр), а также *органоиды движения* (жгутики, реснички и ложноножки).

Митохондрии — крупные органоиды овальной формы (рис. 30). Пространство внутри митохондрий заполнено коллоидным *матриксом* — основным веществом митохондрий. В него погружены кольцевая молекула ДНК и рибосомы. Наружная мембрана митохондрий гладкая, а внутренняя имеет выросты — *кристы*. В митохондриях протекает аэробный этап дыхания, в ходе которого синтезируется АТФ.

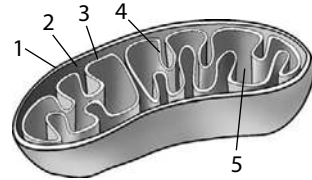


Рис. 30. Строение митохондрии:

- 1 — наружная мембрана;
- 2 — межмембранное пространство;
- 3 — внутренняя мембрана;
- 4 — криста;
- 5 — матрикс

Пластиды характерны для растений. Внутреннее пространство *пластид* окружено двумя мембранами и заполнено *стромой*, или *матриксом*. В стромах находится система мембранных пузырьков — *тилакоидов*, собственная кольцевая молекула ДНК и рибосомы. Различают три основных типа пластид: хлоропласты, хромопласты и лейкопласты.

Хлоропласты (рис. 31) содержатся только в зелёных частях растений. Они содержат пигменты фотосинтеза: зелёный *хлорофилл* и жёлто-оранжево-красные *каротиноиды*. Функция хлоропластов — фотосинтез.

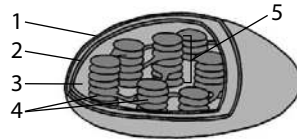


Рис. 31. Строение хлоропласта:

- 1 — внешняя мембрана;
- 2 — внутренняя мембрана;
- 3 — строма;
- 4 — тилакоиды;
- 5 — грана

Хромопласты содержат пигменты *каротиноиды*. Придаваемая ими окраска привлекают опылителей и распространителей семян и плодов.

Лейкопласты находятся в нефотосинтезирующих частях растений, например в коже листа, клубнях картофеля и т. д. В них откладываются в запас питательные вещества, чаще всего крахмал, но у некоторых растений это могут быть белки или жидкие жиры — масла.

Пластиды и митохондрии называют *полуавтономными органоидами* клетки, так как они имеют собственные кольцевые молекулы ДНК и рибосомы, осуществляют синтез собственных белков и делятся независимо от деления клеток. Эти особенности объясняются их

происхождением от одноклеточных прокариотических организмов. Однако автономность митохондрий и пластид ограничена, так как их ДНК содержит только часть генов, необходимых для свободного существования, остальная же информация закодирована в хромосомах ядра.

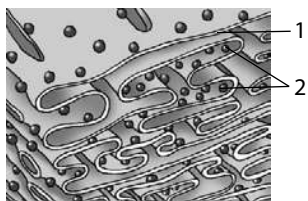


Рис. 32. Строение шероховатой эндоплазматической сети:
1 — мембрана;
2 — рибосомы

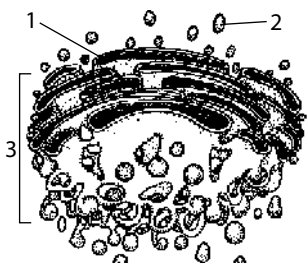


Рис. 33. Строение аппарата Гольджи:
1 — цистерна;
2 — везикула;
3 — диктиосома

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) делится на шероховатую и гладкую. *Шероховатая ЭПС* несёт рибосомы, на ней происходит синтез белков (рис. 32).

Гладкая ЭПС лишена рибосом. В ней синтезируются липиды и углеводы, обезвреживаются токсины, а также собираются мембраны клетки, однако их формирование завершается в аппарате Гольджи.

Основные функции *комплекса Гольджи* — синтез некоторых веществ и модификация (изменение) белков, липидов и углеводов, поступающих из ЭПС, окончательное формирование мембран, а также транспорт веществ по клетке, обновление её структур и образование лизосом. На один полюс *аппарата Гольджи* (рис. 33) приходят вещества из ЭПС, а на противоположном полюсе, подвергшись определённым превращениям, они упаковываются в пузырьки и направляются в другие части клетки.

Лизосомы содержат ферменты расщепления, которые обеспечивают протекание, например, процесса фагоцитоза, образуя пищеварительные вакуоли.

В клетках простейших животных имеются *пищеварительные* и *сократительные вакуоли*. Первые принимают участие в процессе фагоцитоза, а вторые обеспечивают осморегуляцию. У многоклеточных животных в основном встречаются пищеварительные вакуоли.

В растительных клетках вакуоли присутствуют всегда, они заполнены клеточным соком. *Клеточный сок* — это водный раствор минеральных солей, органических кислот, углеводов, белков, гликозидов, алкалоидов и др. Вакуоль выполняет запасующую, выделительную, осмотическую, защитную, лизосомную и другие функции.

Вакуоли имеются также и в клетках некоторых грибов, однако у грибов они выполняют только функцию осморегуляции.

Рибосомы образованы двумя субъединицами — большой и малой (рис. 34). В состав субъединиц рибосом входят рРНК и белки. Рибосомы осуществляют процесс трансляции — синтез полипептидной цепи на молекуле иРНК.

В эукариотической клетке имеются свободные рибосомы цитоплазмы, а также рибосомы шероховатой ЭПС, митохондрий и пластид. Субъединицы рибосом цитоплазмы и ЭПС у эукариот собираются в ядрышке ядра.

Рибосомы в гиалоплазме могут находиться поодиночке или собираться в *полирибосомы* при одновременном синтезе на одной иРНК сразу нескольких полипептидных цепей.

Микротрубочки образованы белком *тубулином*. Они входят в состав клеточного центра и органоидов движения — жгутиков и ресничек. Микротрубочки образуют веретено деления.

Микрофиламенты, или *микронити*, состоят из белка *актина*. Обеспечивают мышечное сокращение, деление цитоплазмы животной клетки, образуют ложноножки амёб и лейкоцитов.

Микротрубочки и микрофиламенты образуют внутренний скелет клетки — *цитоскелет* (рис. 35).

Клеточный центр образован двумя *центриолями*, лежащими во взаимно перпендикулярных плоскостях, и *лучистой сферой* из микротрубочек (рис. 36). Каждая центриоль образована девятью группами по три микротрубочки. Клеточный центр принимает участие в процессах сборки микротрубочек, делении генетического материала клетки.

Жгутики и *реснички* представляют собой выросты клетки, несущие микротрубочки и покрытые плазмалеммой (рис. 37). Восстановление утраченных жгутиков и ресничек является функцией одиночных центриолей — *базальных телец*, или *кинетосом*, расположенных в их основании.

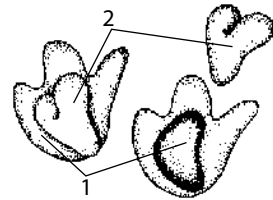


Рис. 34. Строение рибосомы:
1 — большая субъединица;
2 — малая субъединица

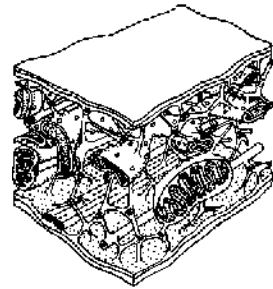


Рис. 35. Цитоскелет

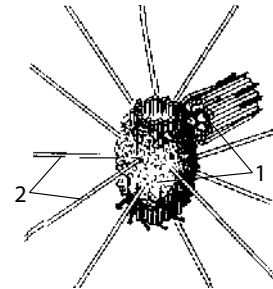


Рис. 36. Строение клеточного центра:
1 — центриоли;
2 — микротрубочки

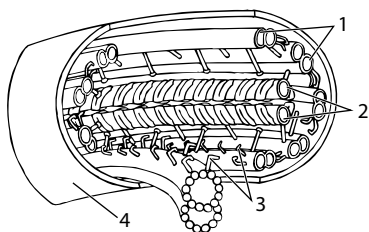


Рис. 37. Строение жгутика:

- 1 — периферические микротрубочки;
- 2 — центральные микротрубочки;
- 3 — белки, обеспечивающие взаимодействие микротрубочек;
- 4 — плазмалемма

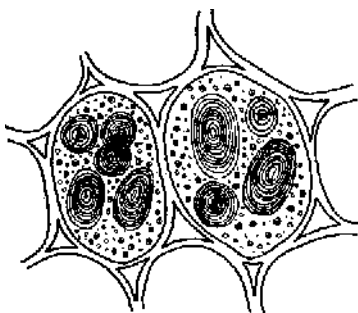


Рис. 38. Включения в растительной клетке

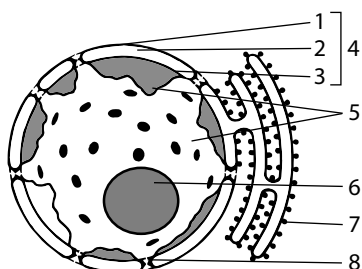


Рис. 39. Строение ядра:

- 1 — внешняя мембрана;
- 2 — межмембранное пространство;
- 3 — внутренняя мембрана;
- 4 — ядерная оболочка;
- 5 — хроматин;
- 6 — ядрышко;
- 7 — шероховатая эндоплазматическая сеть;
- 8 — ядерная пора

Жгутики и реснички обеспечивают движение одноклеточных животных и сперматозоидов. У человека биение ресничек мерцательного эпителия маточных труб обеспечивает продвижение яйцеклетки или эмбриона от яичника к матке, а эпителия дыхательных путей — очистку воздуха.

Включения

К *включениям* относят как запасные вещества, например зёрна крахмала (рис. 38) или белка в растительных клетках, гранулы гликогена в клетках животных и грибов, волютина у бактерий, капли жира во всех типах клеток, так и отходы жизнедеятельности, в частности непереваренные в результате фагоцитоза остатки пищи, образующие так называемые остаточные тельца.

Ядро

Ядро имеет сферическую или эллипсоидную форму. Чащу всего оно в клетке одно, но в образующих скелетные мышцы позвоночных волокнах содержится много ядер, а эритроциты и ситовидные клетки флоэмы растений относятся к безъядерным.

Ядро окружено *ядерной оболочкой*, а его внутреннее пространство заполнено *нуклеоплазмой* (*кариоплазмой*), в которую погружены *хроматин* и *ядрышко* (рис. 39).

Ядерная оболочка образована двумя мембранами и пронизана многочисленными белковыми порами, через которые происходит транспорт веществ.

Нуклеоплазмой называют содержимое ядра, в которое погружены хроматин и ядрышко. Это коллоидный раствор, по составу напоминающий гиалоплазму.

Хроматин — это совокупность тонких нитей и гранул (зёрен), погружённых в нуклеоплазму. Хроматин представляет собой структурное видоизменение хромосом в неделящемся ядре. По химическому составу он является комплексом нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) и белков.

Ядрышко — немембранная структура, в которой синтезируется рРНК и происходит сборка субъединиц рибосом.

Функции ядра — хранение и передача наследственной информации, контроль жизнедеятельности клетки.

Сравнительная характеристика строения клеток растений, животных и грибов

Клетки растений, животных и грибов обладают рядом особенностей. По способу питания растения относятся к автотрофам, а животные и грибы являются гетеротрофами. Только клетки растений содержат пластиды и крупные центральные вакуоли, тогда как клеточный центр имеется только в клетках животных. В клетках животных вакуоли пищеварительные и сократительные, у грибов они встречаются редко. Основным запасным веществом у растений является крахмал, у животных и грибов — гликоген. У растений и грибов имеется клеточная стенка (целлюлозная и хитиновая соответственно), а у животных вместо неё — гликокаликс.

Типовые задания



Немембранными органоидами эукариотической клетки являются

- 1) рибосомы и лизосомы
- 2) рибосомы и клеточный центр
- 3) эндоплазматическая сеть и комплекс Гольджи
- 4) пластиды и митохондрии

► Ответ. 2.



В приведённой ниже таблице между позициями первого и второго столбца имеется взаимосвязь.

ОБЪЕКТ	ПРОЦЕСС
...	Синтез белка
Лизосома	Внутриклеточное пищеварение

Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) вакуоль
- 2) гладкая эндоплазматическая сеть
- 3) шероховатая эндоплазматическая сеть
- 4) аппарат Гольджи

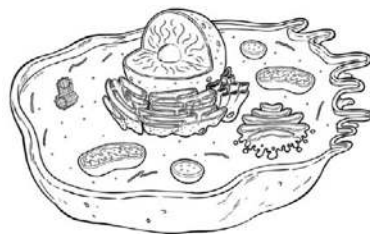
► Ответ. 3.

ЕГЭ

Все перечисленные ниже признаки, кроме двух, можно использовать для описания изображённой на рисунке клетки. Определите два признака, «выпадающих» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) наличие клеточной стенки
- 2) наличие клеточного центра
- 3) наличие плазмалеммы
- 4) запасующее вещество — гликоген
- 5) способность к фотосинтезу

► Ответ. 15.



2.4. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ — СВОЙСТВА ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Основные понятия и термины

- **Обмен веществ (метаболизм)** — совокупность процессов преобразования веществ и энергии.
- **Фермент** — биологический катализатор белковой природы.
- **Пластический обмен (анаболизм, ассимиляция)** — совокупность реакций синтеза, которые идут с затратой энергии АТФ.
- **Энергетический обмен (катаболизм, диссимиляция)** — совокупность процессов расщепления веществ с высвобождением энергии.
- **Этапы энергетического обмена:** подготовительный, анаэробный (бескислородный) и аэробный (кислородный).
- **Анаэробы** — организмы, которые не используют кислород в процессе дыхания.
- **Аэробы** — организмы, способные жить и развиваться только при наличии в среде молекулярного кислорода, который они используют в процессе дыхания.

- **Фотосинтез** — процесс преобразования энергии света в энергию химических связей органических соединений с участием хлорофилла.
- **Стадии фотосинтеза:** световая и темновая.
- **Хемосинтез** — процесс синтеза органических соединений за счёт окислительно-восстановительных реакций.
- **Автотрофы** — организмы, способные самостоятельно синтезировать органические вещества из неорганических в процессе фотосинтеза или хемосинтеза.
- **Гетеротрофы** — организмы, использующие исключительно готовые органические вещества.

Объяснение и важные примеры

2.4.1. Ферменты

Протекание химических реакций в живых организмах обеспечивается благодаря *ферментам*, или *энзимам*. Например, амилаза слюны расщепляет крахмал в ротовой полости. Ферменты могут быть простыми или сложными белками, в состав которых входит небелковая часть — *кофактор* (*кофермент*).

Механизм действия ферментов заключается в снижении энергии активации реакции путём воздействия на электронную структуру реагирующих веществ (субстратов). Это достигается при взаимодействии фермента с субстратом — образовании промежуточных фермент-субстратных комплексов (рис. 40).

Ферменты отличаются от катализаторов небелковой природы высокой специфичностью действия и возможностью регуляции активности катализируемой реакции.

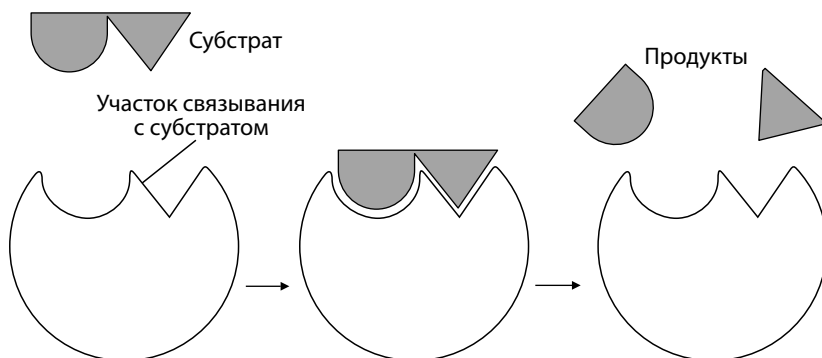


Рис. 40. Схема действия ферментов

2.4.2. Энергетический и пластический обмен, их взаимосвязь

Метаболизм складывается из двух одновременно протекающих в клетке процессов: *пластического* и *энергетического* обменов.

В процессе *пластического обмена* синтезируются органические вещества, необходимые клетке. Примером реакций пластического обмена являются темновая фаза фотосинтеза, биосинтез белка и репликация (самоудвоение) ДНК.

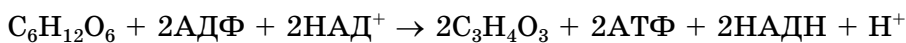
Высвобожденная в процессе *энергетического обмена* энергия преобразуется в энергию АТФ. Наиболее важными процессами энергетического обмена являются дыхание и брожение.

Пластический и энергетический обмены неразрывно связаны, поскольку для биосинтетических процессов необходима энергия АТФ, а синтезированные соединения могут расщепляться с высвобождением энергии.

Этапы энергетического обмена

На *подготовительном этапе* молекулы полимеров расщепляются до мономеров (полисахариды — до моносахаридов, белки — до аминокислот, нуклеиновые кислоты — до нуклеотидов), а жиры — до глицерина и жирных кислот. Этот этап может протекать в пищеварительной системе или в клетках. Выделенная при этом энергия рассеивается в виде тепла.

Анаэробный этап протекает в гиалоплазме. Он не требует присутствия кислорода и сопровождается дальнейшим расщеплением мономеров до промежуточных продуктов, например *пировиноградной кислоты*, или пирувата. Чаще всего на анаэробном этапе расщепляется глюкоза, а сам процесс её бескислородного расщепления называется *гликолизом* (рис. 41). При гликолизе одной молекулы глюкозы образуется две молекулы пировиноградной кислоты, две молекулы АТФ и восстанавливаются два кофермента НАД⁺ — переносчика электронов:



Аэробный этап энергетического обмена протекает в присутствии кислорода. Промежуточные продукты, образовавшиеся в процессе бескислородного расщепления, окисляются до конечных продуктов (углекислого газа и воды). Этот этап также называется *тканевым дыханием*. В случае отсутствия кислорода промежуточные соединения превращаются в другие органические вещества, и этот процесс называется *брожением*.

Дыхание

На *кислородном этапе* (рис. 41) пировиноградная кислота полностью окисляется до CO_2 и H_2O с образованием 36 молекул АТФ:



Совокупность реакций аэробного дыхания называется *циклом Кребса* (циклом трикарбоновых кислот).

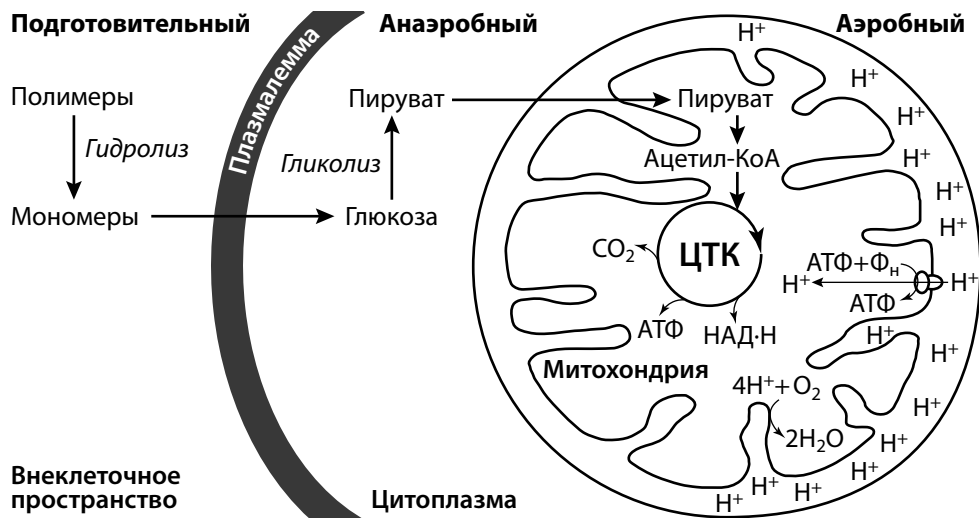
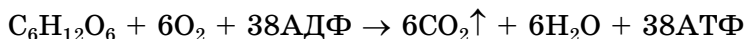


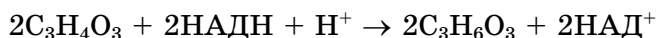
Рис. 41. Этапы энергетического обмена

Совокупность реакций гликолиза и кислородного дыхания в митохондриях может быть выражена суммарным уравнением:

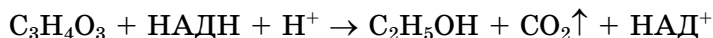


Брожение

Брожение является эволюционно более ранним способом получения энергии, чем дыхание, однако оно энергетически менее выгодно, поскольку конечными продуктами брожения являются органические вещества, богатые энергией. Существует несколько видов брожения, названия которых определяются конечными продуктами: молочнокислое, спиртовое и др. Так, в скелетных мышцах в отсутствие кислорода протекает *молочнокислое брожение*, в ходе которого пировиноградная кислота восстанавливается до молочной кислоты. При этом восстановленные ранее коферменты НАД расходуются на восстановление пирувата ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$):



Дрожжевые грибы при спиртовом брожении окисляют пировиноградную кислоту до этилового спирта и оксида углерода (IV):



Энергетическая эффективность молочнокислого и спиртового брожения составляет две молекулы АТФ, образованные в процессе окисления глюкозы до пирувата.

2.4.3. Аэробы и анаэробы

По особенностям энергетического обмена организмы могут быть поделены на *аэробов* и *анаэробов*.

К аэробам относится подавляющее большинство животных и грибов, все растения, а также значительная часть прокариот.

Анаэробами являются некоторые животные (в основном внутренние паразиты), а также ряд бактерий. У животных-анаэробов функционирует главным образом гликолиз, а у бактерий — брожение, анаэробное (например, серное) дыхание и бескислородный фотосинтез. Наличие кислорода в среде не мешает развитию многих анаэробов.

Анаэробные организмы возникли раньше аэробных, так как в первичной атмосфере планеты не было кислорода. Его накопление связано с возникновением фотосинтеза, в связи с чем ряд организмов перешёл к кислородному дыханию.

2.4.4. Фотосинтез

Фотосинтез осуществляют растения и некоторые бактерии. Это сложный многоступенчатый процесс, который разделяют на реакции *световой* и *темновой* стадий.

Сущность *световой стадии* фотосинтеза заключается в преобразовании энергии света в энергию химических связей АТФ и восстановлении коферментов НАДФ — переносчиков водорода. Световая фаза фотосинтеза (рис. 42) протекает на мембранах тилакоидов хлоропластов, несущих пигменты фотосинтеза — хлорофиллы и каротиноиды. Кванты света — фотоны, попадая на молекулы хлорофилла, переводят их в возбуждённое состояние, в результате чего хлорофилл отдаёт свои электроны на восстановление кофермента НАДФ.

Свободные электронные орбитали молекулы хлорофилла заполняются электронами, отнятыми у молекул воды, которая разлагается при этом. В результате разложения молекул воды, которое называется *фотолизом*, выделяется побочный продукт фотосинтеза — молекулярный кислород (O₂).

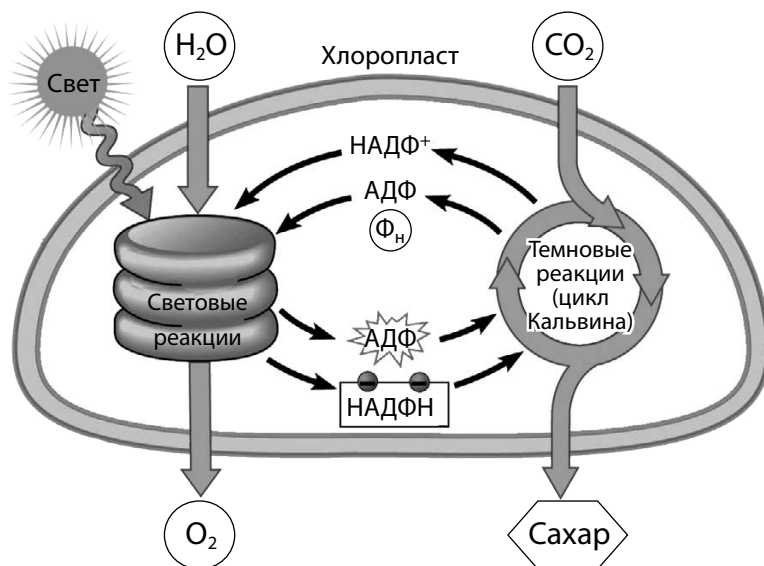
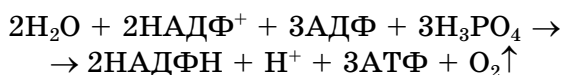
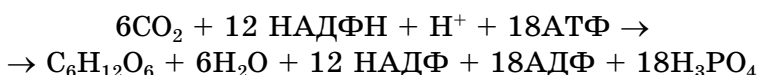


Рис. 42. Стадии фотосинтеза

В ходе световых реакций также синтезируется АТФ. Уравнение реакций световой стадии фотосинтеза:



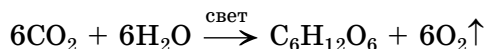
В *темновых реакциях* фотосинтеза (рис. 42), которые протекают в строме хлоропластов, происходят связывание молекул CO₂ и синтез углеводов. На эти процессы используются АТФ и НАДФН, образованные в световых реакциях:



Процесс связывания углекислого газа — это сложный биохимический механизм, названный *циклом Кальвина* по имени его первооткрывателя. Для его протекания необходим постоянный приток углекислого газа в хлоропласты.

Таким образом, в процессе фотосинтеза энергия солнечного света при участии хлорофилла преобразуется в энергию химических связей углеводов.

Суммарное уравнение фотосинтеза можно записать следующим образом:



На скорость фотосинтеза оказывают влияние различные факторы окружающей среды: освещённость, концентрация углекислого

газа в атмосфере, температура воздуха и почвы, доступность воды и др.

Для характеристики фотосинтеза используется понятие его продуктивности. *Продуктивность фотосинтеза* — это масса синтезируемой за 1 час глюкозы на 1 дм² листовой поверхности. Этот показатель фотосинтеза максимален при оптимальных условиях.

В результате фотосинтеза образуется около 150 млрд тонн органического вещества и приблизительно 200 млрд тонн кислорода ежегодно. Этот процесс обеспечивает круговорот углерода в биосфере, не давая накапливаться углекислому газу и препятствуя тем самым возникновению парникового эффекта и перегреву Земли. Образующиеся в результате фотосинтеза органические вещества частично расходуются гетеротрофными организмами, но значительная их часть в течение миллионов лет образовала залежи полезных ископаемых (каменного и бурого угля, нефти).

К. А. Тимирязев (1843–1920) назвал роль фотосинтеза «космической», поскольку он связывает Землю с Солнцем (космосом), обеспечивая приток энергии на планету.

2.4.5. Хемосинтез. Роль хемосинтезирующих бактерий на Земле

Хемосинтез был открыт русским учёным С. Н. Виноградским в 1887 году. К хемосинтетикам относятся только прокариотические организмы, например нитрифицирующие, водородные, серо- и железобактерии. Хемосинтетики окисляют неорганические вещества, которые являются одновременно источником энергии и донорами электронов.

Источником углерода для синтеза органических соединений у хемосинтезирующих прокариот выступает углекислый газ или метан.

Хемосинтезирующие организмы играют значительную роль в биогеохимических циклах химических элементов в биосфере: в процессе их жизнедеятельности образовались залежи многих полезных ископаемых.

2.4.6. Автотрофы и гетеротрофы

По способу питания организмы делятся на *автотрофов* и *гетеротрофов*.

Часть автотрофов может использовать энергию света в процессе фотосинтеза — к ним относятся растения и часть бактерий. Автотрофы, извлекающие энергию путём окисления неорганических

соединений в процессе хемосинтеза относятся только к прокариотическим организмам.

К гетеротрофам относятся животные, грибы, бактерии и лишённые хлорофилла растения. Среди гетеротрофов имеются паразиты, сапротрофы, симбионты, хищники и др.

Типовые задания



В катализируемых ферментами реакциях молекулы ферментов способны ко всему, за исключением

- 1) изменения равновесия химических реакций
- 2) снижения энергии активации реакции
- 3) увеличения скорости реакции
- 4) связывания молекул, отличающихся от молекул субстрата

► Ответ. 1.



Формулу какого вещества следует вписать на месте пропуска в уравнении химической реакции энергетического обмена?



- 1) кислорода
- 2) углекислого газа
- 3) глюкозы
- 4) хлорофилла

► Ответ. 3.



Установите соответствие между процессами и фазами фотосинтеза: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ПРОЦЕСС

- А) синтез глюкозы
- Б) синтез АТФ
- В) выделение кислорода
- Г) связывание углекислого газа
- Д) транспорт электронов

ФАЗА ФОТОСИНТЕЗА

- 1) световая
- 2) темновая

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д
2	1	1	2	1

2.5. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В КЛЕТКЕ

Основные понятия и термины

- ▶ **Ген** — участок молекулы ДНК (хромосомы), который кодирует определённый признак или свойство организма; структурная единица генетической информации.
- ▶ **Геном** — совокупность наследственного материала клетки или организма.
- ▶ **Свойства генетического кода:** триплетность, специфичность (однозначность), универсальность, избыточность (вырождённость) и непрерываемость.
- ▶ **Репликация** — самовоспроизведение молекулы ДНК.
- ▶ **Репарация** — исправление нарушений структуры ДНК и последовательности её нуклеотидов.
- ▶ **Этапы синтеза белка:** транскрипция и трансляция.
- ▶ **Транскрипция** — биосинтез молекул РНК на матрице ДНК.
- ▶ **Трансляция** — биосинтез полипептидной цепи на матрице иРНК с участием рибосом.

Объяснение и важные примеры

2.5.1. Организация генетической информации. Строение гена

Воспроизведение себе подобных является одним из фундаментальных свойств живого. Благодаря этому явлению существует сходство не только между организмами, но и между отдельными клетками, а также их органоидами (митохондриями и пластидами). Материальной основой этого сходства является передача зашифрованной в последовательности нуклеотидов ДНК генетической информации, которая осуществляется благодаря процессам репликации (самоудвоения) ДНК. Реализуются все признаки и свойства клеток и организмов благодаря белкам, структуру которых, в первую очередь, и определяют последовательности нуклеотидов ДНК. Поэтому первостепенное значение в процессах метаболизма играет именно биосинтез нуклеиновых кислот и белка.

Если сравнивать генетическую информацию клетки с энциклопедией, то эта энциклопедия называется *геномом*, а отдельные статьи, посвященные определённым словам, — *генами*. Гены делятся на структурные и регуляторные. *Структурные гены* кодируют РНК и белки, а *регуляторные* контролируют активность структурных генов.

Геномы прокариот и эукариот имеют некоторые различия организации.

Гены у прокариот расположены в кольцевой хромосоме, а также в *плазмидах* — небольших кольцевых или незамкнутых молекулах ДНК. У бактерий генов намного меньше, чем у эукариот: от 1000 до 4500. У них отсутствуют или почти не представлены бессмысловые участки ДНК, подобные пробелам между статьями в энциклопедии, между предложениями и словами в предложениях. Гены прокариот часто собраны в группы, которые считываются совместно, с одной точки.

В эукариотических клетках более 99 % ДНК содержится в ядре, остальная — в митохондриях и пластидах. Ядерная ДНК представлена незамкнутыми молекулами — хромосомами. Геном человека содержит около 25–30 тыс. генов. Часть генов человека уникальна, а остальные могут повторяться сотни и тысячи раз. Средний размер гена человека — около 50 тыс. пар нуклеотидов. У эукариот как между генами, так и в самих генах имеются более-менее протяжённые участки ДНК, не несущие наследственной информации. Эти данные были получены в процессе реализации проекта «Геном человека» (1990–2003).

ДНК митохондрий и пластид имеют черты сходства с геномами прокариот. Они не кодируют полного набора белков, необходимых для их собственного функционирования, однако способны существенно влиять на некоторые признаки организма (пестролистность у растений, слепота и мышечная слабость у человека). Митохондрии и пластиды передаются в основном с цитоплазмой яйцеклетки, поэтому такая наследственность называется *материнской*, или *цитоплазматической* (внеядерной, нехромосомной), в отличие от *генотипической*, которая локализуется в ядре.

2.5.2. Генетический код и его свойства

Генетическая информация организмов зашифрована в ДНК в виде определённых сочетаний нуклеотидов и их последовательностей — *генетического кода*.

Каждая аминокислота закодирована в ДНК тремя нуклеотидами — *триплетом* (табл. 1). Каждый триплет кодирует только одну аминокислоту, в чём заключается его *специфичность*, или *однозначность*. Генетический код *универсален* для всех живых организмов, то есть наследственная информация о белках человека может считываться бактериями и наоборот. Это свидетельствует о единстве происхождения органического мира. Однако 64 комбинациям нуклеотидов по три соответствует только 20 аминокислот, вследствие чего

одну аминокислоту могут кодировать 1–6 триплетов и имеется три стоп-кодона, то есть генетический код *избыточен*, или *вырожден*. *Стоп-кодонами* называют триплеты, не кодирующие аминокислоты (УАА, УАГ, УГА), так как они обозначают окончание синтеза полипептидной цепи. Кроме того, между триплетами отсутствуют «знаки препинания», вследствие чего нуклеотиды считаются по три подряд, начиная с первого, т. е. код *неперекрываем*.

Таблица 1

Генетический код (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	Стоп*	Стоп*	А
	Лей	Сер	Стоп*	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

*Стоп-кодон, означающий конец синтеза полипептидной цепи.

Сокращения названий аминокислот

Ала — аланин	Глн — глутамин	Про — пролин
Арг — аргинин	Глу — глутамино-	Сер — серин
Асн — аспарагин	вая кислота	Тир — тирозин
Асп — аспарагино-	Иле — изолейцин	Тре — треонин
вая кислота	Лей — лейцин	Три — триптофан
Вал — валин	Лиз — лизин	Фен — фенилаланин
Гис — гистидин	Мет — метионин	Цис — цистеин
Гли — глицин		

2.5.3. Биосинтез белка и нуклеиновых кислот

Репликация ДНК

В результате *репликации* образуются две абсолютно точные копии материнской молекулы ДНК, каждая из которых несёт по одной копии материнской (рис. 43). Ключевым ферментом репликации является ДНК-полимераза. Репликация ДНК является *полуконсервативной*, так как молекула ДНК расплетается, и на каждой из её цепей по принципу комплементарности синтезируется новая цепь.

Этот процесс у эукариот протекает в ядре и в органоидах, имеющих собственную ДНК, — митохондриях и пластидах, а у прокариот — в нуклеоиде и на плазмиде.

Репликация ДНК обеспечивает точное копирование наследственной информации и передачу её из поколения в поколение. Образовавшиеся в результате репликации две молекулы ДНК в процессе деления расходятся по двум вновь образующимся дочерним клеткам.

Ошибки в процессе репликации возникают крайне редко, но если они происходят, то устраняются ДНК-полимеразами или ферментами *репарации*.

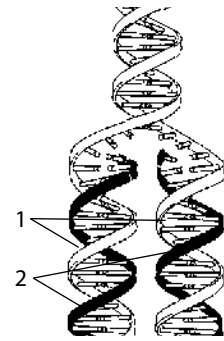


Рис. 43. Репликация ДНК:
1 — материнская цепь;
2 — дочерняя цепь

Биосинтез белка

Биосинтез белка является одним из сложнейших клеточных процессов — в нём участвует множество макромолекул нуклеиновых кислот и белков, особенно ферментов, и ряд структур клетки.

В ходе *транскрипции* генетическая информация переписывается с ДНК на РНК (рис. 44). Биосинтез молекул РНК происходит только на одной из цепей, которую называют *матричной*. Транскрибируется

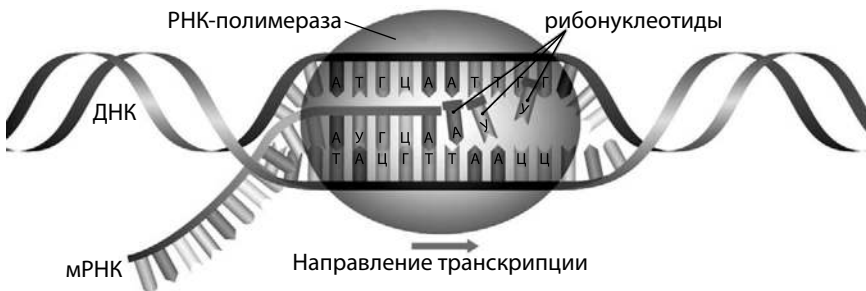


Рис. 44. Транскрипция

только один ген или группа генов. Процесс транскрипции катализирует фермент РНК-полимераза, которая подбирает нуклеотиды РНК по принципу комплементарности. Этот процесс у эукариот протекает в ядре, митохондриях и пластидах, а у прокариот — в нуклеоиде и на плазмиде.

Синтезированные в процессе транскрипции в ядре предшественники молекул иРНК проходят сложный процесс подготовки к трансляции, например из них вырезаются бессмысловые участки, после чего они выходят в цитоплазму.

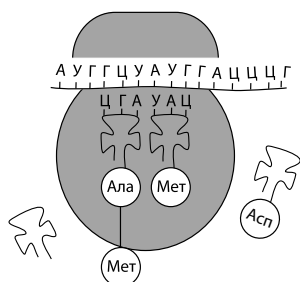


Рис. 45. Трансляция

В процессе *трансляции* происходит перевод генетической информации в последовательность аминокислот полипептидной цепи (рис. 45).

Для синтеза белка необходимы молекула иРНК, рибосома и молекулы тРНК, несущие аминокислоты. Процесс связывания тРНК с соответствующими аминокислотами называется *активацией аминокислот*.

Для начала трансляции (*инициации*) к готовой молекуле иРНК присоединяются субъединицы рибосомы, а к её первому значащему кодону (AUG) подбирается тРНК с комплементарным антикодоном, несущая аминокислоту метионин. Внутри собранной рибосомы оказываются два кодона иРНК, первый из которых уже занят. К соседнему с ним кодону по принципу комплементарности подбирается вторая тРНК, также несущая аминокислоту, после чего между остатками аминокислот с помощью ферментов образуется пептидная связь. Рибосома передвигается на один кодон иРНК; первая из тРНК, освободившаяся от аминокислоты, покидает рибосому, а фрагмент синтезируемой полипептидной цепи удерживается на оставшейся тРНК. К новому кодону, оказавшемуся в пределах рибосомы, присоединяется следующая тРНК, процесс повторяется и шаг за шагом полипептидная цепь удлиняется, т. е. происходит её *элонгация*.

Окончание синтеза белка (*терминация*) происходит, когда рибосома сдвинется на некодирующую последовательность нуклеотидов — стоп-кодон. После этого рибосома, иРНК и полипептидная цепь разделяются, а вновь синтезированный белок транспортируется в ту часть клетки, где он будет выполнять свои функции.

В эукариотической клетке трансляция происходит на свободных рибосомах цитоплазмы, на шероховатой ЭПС, в митохондриях и пластидах, а в прокариотической — только на рибосомах цитоплазмы.

Матричный характер реакций биосинтеза

Репликация ДНК, а также синтез РНК и белков в клетках осуществляются по *принципу матричного синтеза*, который заключается в том, что новые молекулы белков и нуклеиновых кислот синтезируются в соответствии с программой, заложенной в структуре ранее существовавших молекул нуклеиновых кислот (ДНК или РНК).

Типовые задания



Свойствами генетического кода являются

- 1) точность и консервативность
- 2) вариабельность и избыточность
- 3) специфичность и универсальность
- 4) индивидуальность и неперекрываемость

► Ответ. 3.



В приведённой ниже таблице между позициями первого и второго столбца имеется взаимосвязь.

ПРОЦЕСС	ПРОДУКТ
Репликация	ДНК
Трансляция	...

Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) РНК
- 2) АТФ
- 3) белок
- 4) углевод

► Ответ. 3.



Установите последовательность процессов синтеза белка в эукариотической клетке.

- 1) образование пептидной связи между остатками аминокислот
- 2) взаимодействие РНК-полимеразы с участком ДНК
- 3) прикрепление субъединиц рибосомы к иРНК
- 4) вырезание бессмысловых участков из предшественника иРНК
- 5) распознавание рибосомой кодона УАГ

► Ответ. 24315.

2.5.4. Решение задач по молекулярной биологии

Основные понятия и термины

- Принцип комплементарности: $A = T, G = C$.
- Средний размер нуклеотида ДНК — 0,34 нм.

Объяснение и важные примеры

Задача 1. Фрагмент одной из цепей ДНК имеет следующую последовательность:

АТГТТЦГАГТАЦЦАТГТААЦГ...

Какова последовательность нуклеотидов во второй цепи этой молекулы ДНК?

Решение:

1) Записываем исходную последовательность нуклеотидов в цепи ДНК:

АТГТТЦГАГТАЦЦАТГТААЦГ...

2) Под ней строим вторую цепь ДНК по принципу комплементарности:

АТГТТЦГАГТАЦЦАТГТААЦГ...

|||

ТАЦ...

3) Последовательность нуклеотидов во второй цепи ДНК будет иметь следующий вид:

ТАЦААГЦАЦАТГГТАЦАТТГЦ...

4) Записываем ответ.

► Ответ. ТАЦААГЦАЦАТГГТАЦАТТГЦ...

Задача 2. Запишите последовательность оснований в иРНК, синтезированной на цепи ДНК с такой последовательностью:

ТААЦГАТГАЦЦЦТЦТ...

Решение:

1) Переписываем последовательность нуклеотидов в цепи ДНК:

ТААЦГАТГАЦЦЦТЦТ...

2) Вспоминаем, что РНК вместо тимина содержит урацил.

3) По принципу комплементарности строим последовательность нуклеотидов в цепи иРНК:

ТААЦГАТГАЦЦЦТЦТ...

|||||||

АУУГЦУАЦУГГГАГА...

4) Записываем ответ.

► Ответ. АУУГЦУАЦУГГГАГА...

Задача 3. Сколько аминокислот будет содержать белок, синтезированный на иРНК со следующей последовательностью:
УАЦААГУАЦУУГУУУЦУУ...

Решение:

1) Записываем последовательность нуклеотидов в цепи иРНК:
УАЦААГУАЦУУГУУУЦУУ...

2) Поскольку генетический код является триплетным, то есть каждая аминокислота кодируется тремя нуклеотидами, разбиваем цепь на кодоны по три:

УАЦ|ААГ|УАЦ|УУГ|УУУ|ЦУУ...

3) Подсчитываем количество кодонов: всего их в данной цепи 6. Таким образом, и аминокислот на данной цепи иРНК будет синтезировано 6.

4) Записываем ответ.

► Ответ. 6 аминокислот.

Задача 4. Участок молекулы иРНК имеет следующее строение:

АУГУУУГААААУАГАЦГАГГУ...

Определите первичную структуру белка, который закодирован в данном гене.

Решение:

1) Разбиваем данный участок иРНК на триплеты (кодоны):
АУГ|УУУ|ГАА|ААУ|АГА|ЦГА|ГГУ...

2) В таблице генетического кода (иРНК) (см. с. 64) находим все три основания первого кодона (третье берём из той же строки, что и первое, но из последнего столбца) и на пересечении стрелок от них находим первую аминокислоту — метионин.

3) Таким же образом находим все остальные аминокислоты.

4) Записываем ответ.

► Ответ. мет–фен–глу–асн–арг–арг–гли–...

Задача 5. В молекуле ДНК содержится 15 % нуклеотидов с аденином. Определите процентное содержание остальных нуклеотидов в этой молекуле ДНК.

Решение:

1) Согласно правилам Чаргаффа количество аденина в молекуле ДНК равно количеству тимина:

$A = T = 15\%$.

2) Определяем суммарное содержание аденина и тимина:

$A + T = 30\%$.

3) Следовательно, суммарное содержание гуанина и цитозина составляет:

$$\Gamma + \text{Ц} = 100 \% - 30 \% = 70 \%$$

4) Так как количество гуанина в молекуле ДНК равно количеству цитозина, то можно определить содержание каждого из них:

$$\Gamma + \text{Ц} = 70 \% : 2 = 35 \%$$

5) Записываем ответ.

► Ответ. Т = 15 %, Г = Ц = 35 %.

Задача 6. Цепь иРНК содержит: А — 12 %, Г — 16 %, У — 28 %, Ц — 44 %. Определите содержание нуклеотидов в молекуле ДНК, которая служила матрицей для этой иРНК.

Решение:

1) Рисуем таблицу и заносим в неё данные по содержанию нуклеотидов в иРНК:

иРНК	А — 12 %	Г — 16 %	У — 28 %	Ц — 44 %
кодирующая цепь ДНК				
некодирующая цепь ДНК				
среднее содержание нуклеотида в ДНК				

2) По принципу комплементарности сначала заполняем содержание нуклеотидов в кодирующей цепи ДНК, которая послужила матрицей для иРНК (вторая строка таблицы):

иРНК	А — 12 %	Г — 16 %	У — 28 %	Ц — 44 %
кодирующая цепь ДНК	Т — 12 %	Ц — 16 %	А — 28 %	Г — 44 %
некодирующая цепь ДНК				
среднее содержание нуклеотида в ДНК				

3) Поскольку ДНК — двухцепочечная молекула, вторая цепь будет комплементарна первой:

иРНК	А — 12 %	Г — 16 %	У — 28 %	Ц — 44 %
кодирующая цепь ДНК	Т — 12 %	Ц — 16 %	А — 28 %	Г — 44 %
некодирующая цепь ДНК	А — 12 %	Г — 16 %	Т — 28 %	Ц — 44 %
среднее содержание нуклеотида в ДНК				

4) Поскольку масса цепей приблизительно равна, доля каждого из нуклеотидов в цепи ДНК может быть найдена как среднее арифметическое содержаний нуклеотидов в каждой из цепей:

иРНК	А — 12 %	Г — 16 %	У — 28 %	Ц — 44 %
кодирующая цепь ДНК	Т — 12 %	Ц — 16 %	А — 28 %	Г — 44 %
некодирующая цепь ДНК	А — 12 %	Г — 16 %	Т — 28 %	Ц — 44 %
среднее содержание нуклеотида в ДНК	$\begin{aligned} & \text{А} = \\ & (12\% + \\ & + 28\%) : \\ & : 2 = 20\% \end{aligned}$	$\begin{aligned} & \text{Г} = \\ & (16\% + \\ & + 44\%) : \\ & : 2 = 30\% \end{aligned}$	$\begin{aligned} & \text{Т} = \\ & (28\% + \\ & + 12\%) : \\ & : 2 = 20\% \end{aligned}$	$\begin{aligned} & \text{Ц} = \\ & (44\% + \\ & + 16\%) : \\ & : 2 = 30\% \end{aligned}$

5) Записываем ответ.

► Ответ. А — 20 %, Т — 20 %, Г — 30 %, Ц — 30 %.

Задача 7. Определите длину молекулы ДНК, если известно, что она состоит из 564 нуклеотидов.

Решение:

1) Поскольку молекула ДНК двухцепочечная, сначала следует найти количество нуклеотидов в одной цепи ДНК:

$$564 : 2 = 282.$$

2) Так как средняя длина нуклеотида ДНК составляет 0,34 нм, то умножаем эту постоянную на количество нуклеотидов в одной цепи ДНК:

$$282 \times 0,34 \text{ нм} = 95,88 \text{ нм}.$$

3) Записываем ответ.

► Ответ. l (ДНК) = 95,88 нм.

Задача 8. Сколько аминокислот содержится в белке, который закодирован в гене длиной 459 нм?

Решение:

1) Определяем количество нуклеотидов в одной цепи ДНК, памятуя о том, что длина нуклеотида ДНК составляет 0,34 нм:

$$459 \text{ нм} : 0,34 \text{ нм} = 1350.$$

2) Так как генетический код триплетен, то для определения количества аминокислот в белке количество нуклеотидов следует разделить на 3:

$$1350 : 3 = 450.$$

3) Записываем ответ.

► Ответ. 450 аминокислот.

Типовые задания



Сколько аминокислот будет содержать пептид, синтезированный на иРНК со следующей последовательностью:

ЦЦУУЦАГГУГУЦАГААЦУАГУ

► Ответ. 7.



Выберите фрагмент цепи ДНК, комплементарный фрагменту цепи ТЦГАТГ.

1) ТЦГАТГ

2) АГЦУАЦ

3) АЦГАТГ

4) АГЦТАЦ

► Ответ. 4.



Цепь иРНК содержит 15 % адениловых нуклеотидов, 17 % гуаниловых и 32 % уридиловых. Определите долю каждого нуклеотида в молекуле ДНК, кодирующей эту иРНК.

1) А — 15 %, Т — 32 %, Г — 17 %, Ц — 32 %

2) А — 32 %, Т — 15 %, Г — 36 %, Ц — 17 %

3) А=Т — 13,5 %, Г=Ц — 36,5 %

4) А=Т — 23,5 %, Г=Ц — 26,5 %

► Ответ. 4.

2.6. ХРОМОСОМЫ. ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ. МИТОЗ. МЕЙОЗ. ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК У РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

Основные понятия и термины

- ▮ **Хромосома** — структура клеточного ядра, которая содержит гены и несёт наследственную информацию о признаках и свойствах организма.
- ▮ **Кариотип** — совокупность признаков хромосомного набора (число хромосом, их форма и величина) клеток биологического вида.
- ▮ **Половые хромосомы** — одна пара хромосом, которые определяют пол особи.
- ▮ **Аутосомы** — все хромосомы организма, кроме половых; одинаковы у особей противоположных полов.
- ▮ **Жизненный цикл клетки** — промежуток времени от появления клетки в результате деления до её разделения или гибели.
- ▮ **Интерфаза** — промежуток времени в жизненном цикле, в который клетка не делится и нормально функционирует.
- ▮ **Митоз** — способ деления клетки, при котором происходит точное распределение копий наследственной информации между двумя дочерними клетками.
- ▮ **Фазы митоза:** профаза, метафаза, анафаза, телофаза.
- ▮ **Дифференцировка** — приобретение клеткой специфических черт строения и специализация на определённой функции.
- ▮ **Мейоз** — способ деления клеток, в результате которого количество хромосом в клетке уменьшается вдвое.
- ▮ **Конъюгация** — процесс слияния гомологичных (парных) хромосом в профазе I мейоза.
- ▮ **Кроссинговер** — обмен участками гомологичных хромосом в профазе I мейоза, приводящий к рекомбинации генов.
- ▮ **Гаметогенез** — процесс образования зрелых половых клеток.
- ▮ **Сперматогенез** — процесс образования зрелых мужских половых клеток — сперматозоидов — в семенниках (яичках).
- ▮ **Сперматозоид** — подвижная мужская половая клетка (n).
- ▮ **Спермий** — неподвижная мужская половая клетка семенных растений (n).

- **Оогенез** — процесс образования зрелых женских половых клеток — яйцеклеток — в яичниках.
- **Яйцеклетка** — крупная женская половая клетка (n).

Объяснение и важные примеры

2.6.1. Хромосомы, их строение и функции

Большая часть генетической информации эукариотической клетки сосредоточена в ядре. Молекулы ДНК в ядре не замкнуты и образуют сложные комплексы с гистоновыми белками — *хромосомы*.

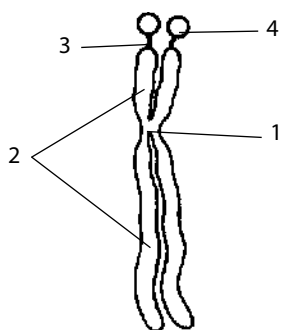


Рис. 46. Строение хромосомы:

- 1 — центромера;
- 2 — плечи;
- 3 — вторичная перетяжка;
- 4 — спутник

Хромосомы становятся видны в процессе деления клетки, приобретая вид палочковидных телец, разделённых первичной перетяжкой — *центромерой* — на *плечи* (рис. 46). На хромосоме может иметься и *вторичная перетяжка*, которая часто отделяет от основной части хромосомы так называемый *спутник*. На вторичных перетяжках хромосом формируется ядрышко, так как в них сосредоточены гены рРНК.

В начале деления хромосомы удвоены и состоят из двух дочерних хромосом — *хроматид*, скреплённых в центромере. Вокруг центромеры во время деления клетки становится видимым белковое кольцо — *кинетохор*, к которому прикрепляются микротрубочки веретена деления.

Размеры хромосом существенно варьируют, однако средняя хромосома имеет размеры $5 \times 1,4$ мкм. По форме различают равноплечие, неравноплечие и палочковидные хромосомы.

По функциям хромосомы делят на *аутосомы* и *половые* (гетерохромосомы). Различают половые хромосомы X и Y. Соматические клетки тела женщины несут по две X-хромосомы, а мужчин — X и Y.

В *соматических клетках* (клетках тела) число хромосом обычно в два раза больше, чем в *половых (гаметах)*, например в соматических клетках человека 46 хромосом, а в половых — 23. Это связано с тем, что в соматических клетках все хромосомы имеют пары (одна хромосома из пары получена от отца, а вторая — от матери), а в половых они пар не образуют. Хромосомы одной пары называются *гомологичными*.

Набор хромосом, в котором все хромосомы парные, называют *диплоидным* ($2n$), или двойным (рис. 47, а).

Набор хромосом, в котором все хромосомы непарные, называется *гаплоидным* (n), или одинарным (рис. 47, б). Его образование связано с мейотическим делением клетки.

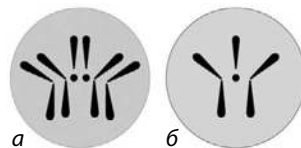


Рис. 47. Диплоидный (а) и гаплоидный (б) наборы хромосом плодовой мушки дрозофилы

Количество молекул ДНК соматических клеток обозначается как $2c$, а половых — $1c$. Генетическая формула соматических клеток записывается как $2n2c$, а половых — $1n1c$.

Количество хромосом в некоторых соматических клетках может быть больше двух гаплоидных наборов. Такие клетки называют *полиплоидными*, например три-, тетра-, пентаплоидные. В таких клетках процессы метаболизма протекают, как правило, очень интенсивно.

Количество хромосом в клетках организмов одного биологического вида, их форма и размер должны быть неизменны. Эти характеристики составляют *кариотип*.

Условная запись кариотипа включает общее количество хромосом, половые хромосомы и возможные отклонения в наборе хромосом, либо указывает на соотношение числа аутосом (А) и половых хромосом. *Аутосом* в соматических клетках человека насчитывается 22 пары. Кариотип нормального мужчины записывается как **46, XY** (или **44A+XY**), а женщины — **46, XX** (**44A+XX**).

Любые изменения количества и структуры хромосом влекут за собой потерю части генетической информации и, как следствие, могут привести к необратимым изменениям функций клетки, в которой они произошли, и даже целостного организма.

2.6.2. Жизненный цикл клетки

Клетки образуются только в результате деления материнских клеток. *Жизненный цикл* эукариотических клеток имеет два варианта: связанный с делением клетки и не связанный с ним. В первом случае в жизненном цикле выделяют на две основные стадии: *интерфазу* и *митоз* (рис. 48), а во втором — *дифференцировку* клеток и их гибель.

Интерфаза включает три периода: G_1 -, S- и G_2 -периоды.

G_1 -период (пресинтетический, постмитотический) — это период роста и развития клетки, в который происходит активный синтез РНК, белков и других веществ, необходимых для полного жизнеобеспечения вновь образовавшейся клетки ($2n2c$).

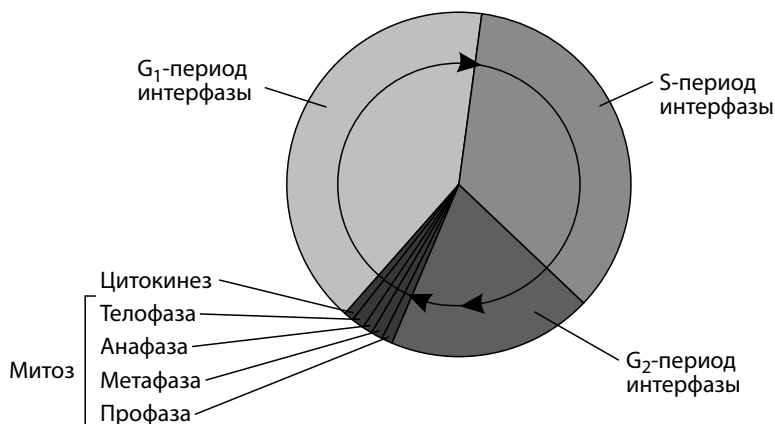


Рис. 48. Клеточный цикл

В *S-периоде* (синтетическом) происходит процесс репликации ДНК. Генетическая формула клетки после удвоения ДНК — $2n4c$.

G₂-период (постсинтетический, премитотический) характеризуется интенсивным синтезом РНК, белков и АТФ, необходимых для процесса деления клетки, а также разделением центриолей, митохондрий и пластид. До конца интерфазы хроматин и ядрышко остаются хорошо различимыми, целостность ядерной оболочки не нарушается.

Некоторые клетки со временем перестают делиться и погибают, что может быть связано с завершением выполнения определённых функций, как в случае клеток эпидермиса кожи и клеток крови, или с повреждением этих клеток факторами окружающей среды, в частности возбудителями болезней.

2.6.3. Митоз

Во время *митоза* клетка проходит ряд последовательных фаз, в результате которых дочерние клетки получают такой же набор хромосом, как в материнской клетке (рис. 49).

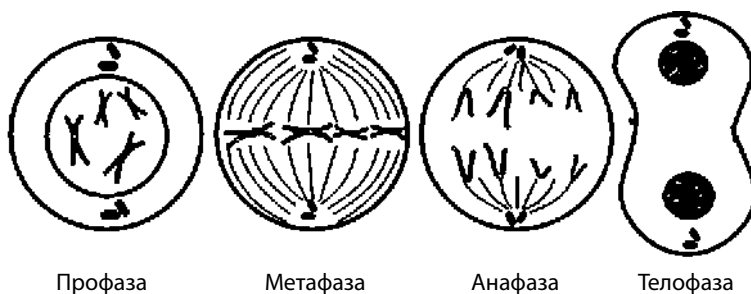


Рис. 49. Митоз

Профаза — наиболее длительная стадия митоза, в процессе которой происходит конденсация хроматина, при этом становятся видны X-образные хромосомы, состоящие из двух хроматид (дочерних хромосом). При этом исчезает ядрышко, центриоли расходятся к полюсам клетки и начинает формироваться ахроматиновое веретено (веретено деления) из микротрубочек. В конце профазы ядерная оболочка распадается на отдельные пузырьки, а хромосомы оказываются в цитоплазме.

В *метафазе* хромосомы выстраиваются по экватору клетки своими центромерами, к которым прикрепляются микротрубочки полностью сформированного веретена деления. На этой стадии деления хромосомы наиболее уплотнены и имеют характерную форму, что позволяет изучить кариотип.

В *анафазе* центромеры хромосом расцепляются и хроматиды расходятся к полюсам клетки, растягиваемые микротрубочками.

На стадии *телофазы* дочерние хромосомы собираются на полюсах, деспирализуются, вокруг них из пузырьков формируются ядерные оболочки, а во вновь образовавшихся ядрах возникают ядрышки.

После деления ядра происходит деление цитоплазмы — *цитокинез*, в ходе которого происходит более или менее равномерное распределение всех органоидов материнской клетки.

Таким образом, в результате митоза из одной материнской клетки образуются две дочерние, каждая из которых является генетической копией материнской ($2n2c$).

В результате митоза происходит равномерное распределение наследственного материала между дочерними клетками. Он необходим для процессов бесполого размножения, роста и развития многоклеточного организма, а также регенерации (восстановления) повреждённых тканей и органов.

2.6.4. Мейоз

В отличие от митоза, *мейоз* состоит из двух последовательных делений клетки, каждому из которых предшествует интерфаза (рис. 50). Первое деление мейоза (мейоз I) называется *редукционным*, так как количество хромосом уменьшается вдвое, а второе деление (мейоз II) — *эквационным*, так как в его процессе количество хромосом сохраняется.

Интерфаза I протекает подобно интерфазе митоза. *Мейоз I* делится на четыре фазы: профазу I, метафазу I, анафазу I и телофазу I. В *профазе I* происходят два важнейших процесса — *конъюгация* хромосом и *кроссинговер* (рис. 51).

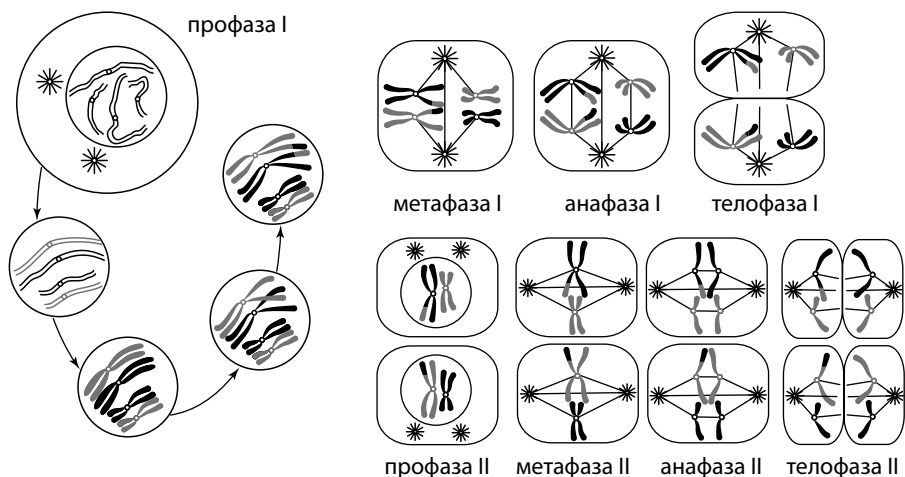


Рис. 50. Мейоз

При конъюгации образуются пары хромосом — *биваленты*, или *тетрады*. В результате кроссинговера хромосомы становятся *рекомбинантными*, приобретая новые сочетания генов, что обуславливает появление генетически разнообразного потомства. В конце профазы I, как и в профазе митоза, исчезает ядрышко, центриоли расходятся к полюсам клетки, а ядерная оболочка распадается.

В *метафазе I* биваленты (тетрады) выстраиваются по экватору клетки, к их центромерам прикрепляются микротрубочки веретена деления.

В *анафазе I* к полюсам расходятся целые гомологичные хромосомы, состоящие из двух хроматид.

В *телофазе I* вокруг скоплений хромосом у полюсов клетки образуются ядерные оболочки, формируются ядрышки.

Цитокинез I обеспечивает разделение цитоплазм дочерних клеток.

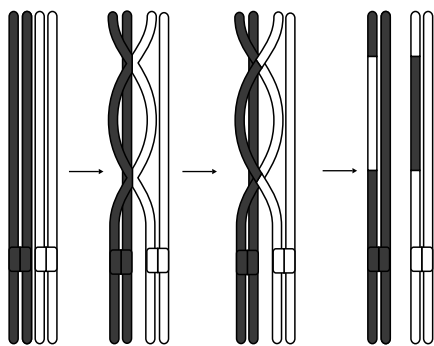


Рис. 51. Конъюгация и кроссинговер

Образовавшиеся в результате мейоза I дочерние клетки ($1n2c$) генетически разнородны, поскольку их хромосомы, случайным образом разошедшиеся к полюсам клетки, могут содержать неодинаковые варианты генов.

Интерфаза II очень короткая, так как в ней не происходит удвоения ДНК, то есть отсутствует S-период.

Мейоз II также делится на четыре фазы: профазу II, метафазу II, анафазу II и телофазу II. В *профазе II* протекают те же процессы, что и в профазе I, за исключением конъюгации и кроссинговера.

В *метафазе II* хромосомы располагаются по экватору клетки.

В *анафазе II* центромеры хромосом расщепляются и к полюсам растягиваются хроматиды.

В *телофазе II* вокруг скоплений дочерних хромосом формируются ядерные оболочки и ядрышки.

После *цитокинеза II* генетическая формула всех четырёх дочерних клеток — $1n1c$, однако все они имеют различный набор генов, что является результатом кроссинговера и случайного сочетания хромосом материнского и отцовского организмов в дочерних клетках.

Мейоз обеспечивает постоянство кариотипа при половом размножении, так как уменьшает вдвое набор хромосом перед половым размножением, который восстанавливается в результате оплодотворения. Кроме того, мейоз приводит к появлению новых комбинаций родительских генов благодаря кроссинговеру и случайному сочетанию хромосом в дочерних клетках. Это способствует генетическому разнообразию потомства и даёт материал для естественного отбора.

2.6.5. Развитие половых клеток у животных и растений

Половые клетки у растений и животных образуются в результате *гаметогенеза*.

Развитие половых клеток у животных

У животных различают два процесса образования половых клеток — *сперматогенез* и *оогенез* (рис. 52). В обоих процессах выделяют периоды размножения, роста и созревания, а в сперматогенезе имеется ещё и период формирования.

В *период размножения* число первичных половых клеток увеличивается в результате митоза.

В *период роста* в образовавшихся клетках происходят накопление необходимых веществ и репликация (самоудвоение) ДНК, вследствие чего они увеличиваются в размерах.

У женщин периоды размножения и роста овогенеза завершаются ещё в утробе матери, тогда как период созревания происходит в репродуктивном периоде. У мужчин все процессы сперматогенеза происходят в репродуктивном периоде. В *период созревания* происходит мейоз. У женщин при этом образуется одна *яйцеклетка* и три короткоживущих *полярных тельца*.

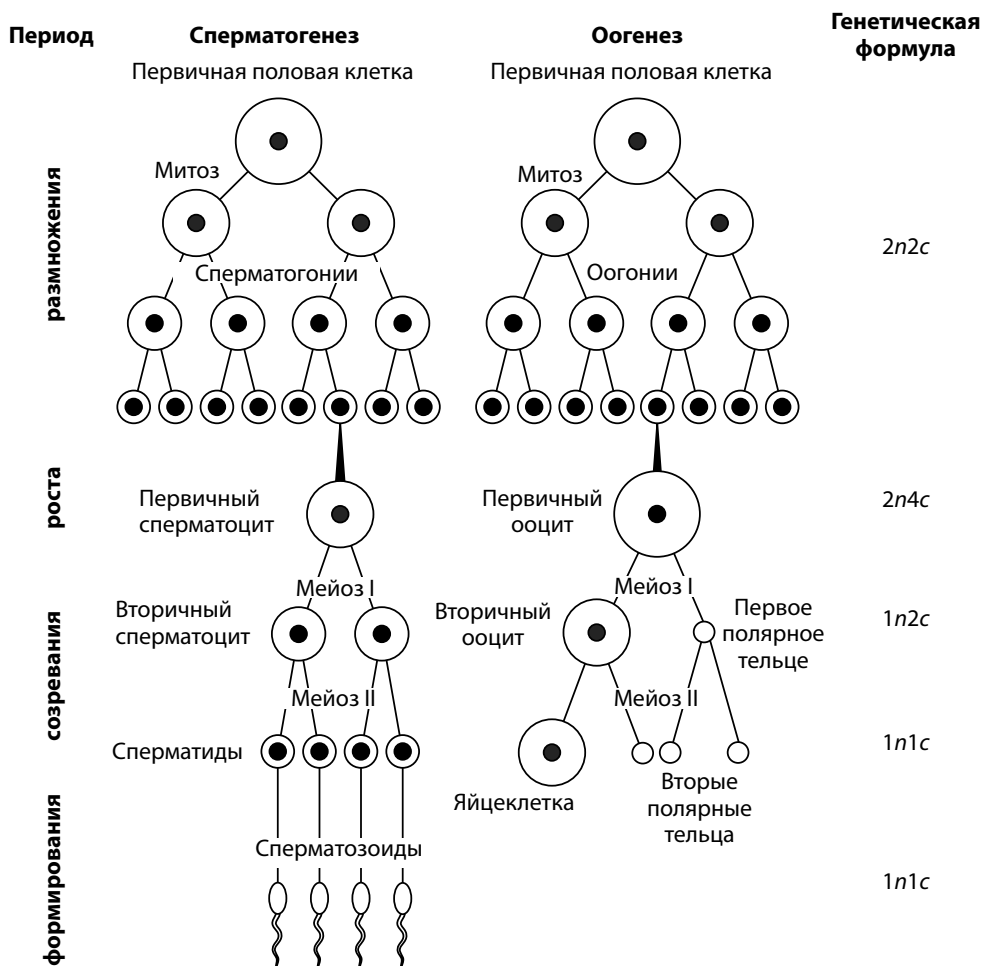


Рис. 52. Гаметогенез у человека

Яйцеклетка (n) имеет несколько защитных оболочек (рис. 53). Её диаметр у млекопитающих составляет 0,1–0,3 мм. В полярные тельца отходит избыток генетического материала, а все питательные вещества остаются в яйцеклетке.

На стадии метафазы II незрелая яйцеклетка выходит из яичника в брюшную полость, а затем попадает в маточную трубу. Мейоз в ней завершается только при условии проникновения сперматозоида (оплодотворения), в противном случае она погибает и выводится из организма.

У женщин яйцеклетки вырабатываются с промежутком 28–29 суток.

У мужчин в период созревания из одного первичного сперматозита образуется четыре гаплоидных клетки с ещё достаточно большим количеством цитоплазмы — *сперматиды*.

В период формирования сперматиды превращаются в *сперматозоиды*.

Сперматозоиды имеют головку, шейку и хвостик (рис. 54). В *головке* находятся ядро и акросома, в *шейке* — центриоли клеточного центра, за ней митохондрии, обеспечивающие сперматозоид энергией АТФ для движения. *Хвостик* — жгутик типичного строения. Акросома содержит ферменты расщепления оболочек яйцеклетки. Длина сперматозоида составляет около 0,06 мм.

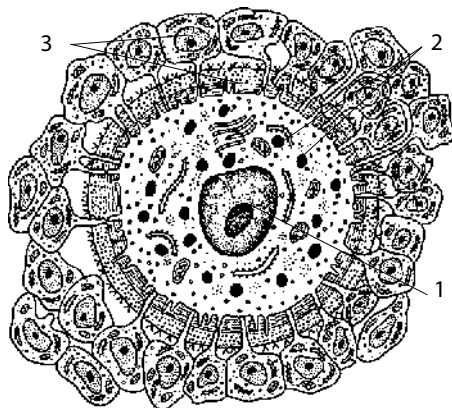


Рис. 53. Яйцеклетка:
1 — ядро; 2 — запас питательных веществ в цитоплазме; 3 — оболочки



Рис. 54. Сперматозоид:
1 — акросома; 2 — ядро; 3 — центриоль; 4 — митохондрии

Развитие половых клеток у растений

У растений в процессе развития половых клеток сначала происходит мейоз, а затем — митоз. У покрытосеменных растений образование мужских и женских половых клеток происходит в различных частях цветка — тычинках и пестиках соответственно.

При образовании мужских половых клеток в результате мейоза в пыльниках тычинок формируется четыре микроспоры. Затем в каждой из микроспор происходит митоз с образованием из двух клеток — *вегетативной* и *генеративной*. Они имеют плотную оболочку и образуют *пыльцевое зерно*. В дальнейшем генеративная клетка митотически делится на два *спермия* (рис. 55).

В процессе развития женских половых клеток у покрытосеменных растений внутри семязачатка в результате мейоза образуются

четыре мегаспоры. Три из них погибают, а четвёртая трижды делится митотически, давая начало зародышевому мешку с восемью ядрами.

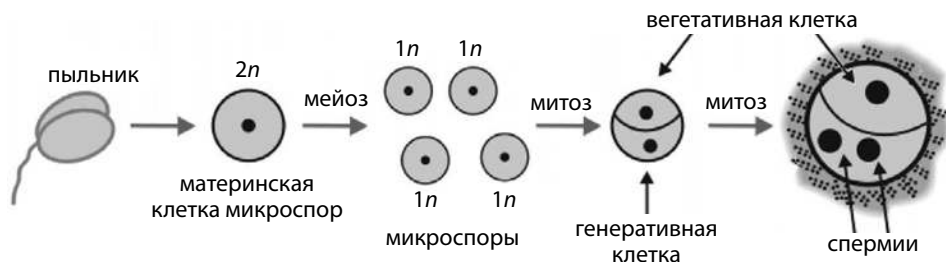


Рис. 55. Образование мужских половых клеток у растений

При последующем обособлении цитоплазм дочерних клеток одна из образовавшихся клеток становится *яйцеклеткой* (n), по бокам от которой лежат две клетки-*синергиды* (n), на противоположном конце зародышевого мешка формируются три клетки-*антипода* (n), а в центре в результате слияния двух гаплоидных ядер образуется диплоидная *центральная клетка* ($2n$) (рис. 56).

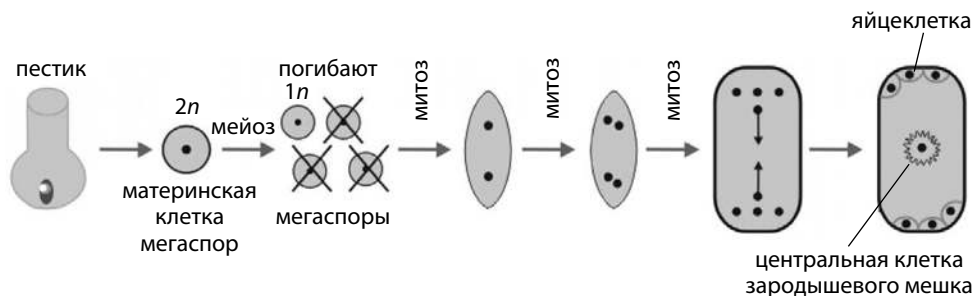


Рис. 56. Образование женских половых клеток у растений

Типовые задания



Сколько хромосом в половых клетках шимпанзе, если в его соматических клетках содержится 48 хромосом?

- 1) 48
- 2) 96
- 3) 24
- 4) 12

► Ответ. 3.

ОГЭ

Биологический смысл мейотического деления клеток заключается в

- 1) создании новых генетических комбинаций
- 2) сохранении материнского набора хромосом
- 3) перестройке хромосом
- 4) образовании гамет

► Ответ. 1.

ЕГЭ

Установите соответствие между признаками и способами деления клетки, для которого они характерны.

ПРИЗНАКИ

- А) образуются две клетки с генетическими формулами $2n2c$
- Б) образуются четыре клетки с генетическими формулами $1n1c$
- В) протекает в два деления
- Г) протекает в одно деление
- Д) обязательно происходит кроссинговер
- Е) необязательно происходит кроссинговер

СПОСОБ ДЕЛЕНИЯ КЛЕТКИ

- 1) митоз
- 2) мейоз

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д	Е
1	2	2	1	2	1

3. ОРГАНИЗМ КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ, ЕГО ЗНАЧЕНИЕ

Основные понятия и термины

- ▶ **Размножение** — способность организмов воспроизводить себе подобных.
- ▶ **Бесполое размножение** — способ размножения, при котором не происходит ни образования, ни слияния специализированных половых клеток — гамет.
- ▶ **Половое размножение** — способ размножения, при котором происходит образование и слияние половых клеток (гамет) в одну клетку — зиготу, из которой развивается новый организм.
- ▶ **Партеногенез (девственное развитие)** — особая форма полового размножения, при котором новый организм развивается из неоплодотворённой яйцеклетки.
- ▶ **Раздельнополые организмы** — организмы, у которых мужские и женские половые клетки вырабатываются разными особями.
- ▶ **Гермафродиты** — животные организмы, способные вырабатывать оба вида гамет.
- ▶ **Оплодотворение** — процесс слияния мужских и женских половых клеток с образованием зиготы.
- ▶ **Осеменение** — процесс, обеспечивающий у животных сближение гамет.
- ▶ **Внешнее оплодотворение** — выведение женских и мужских половых клеток наружу, где и происходит процесс их слияния.

- **Внутреннее оплодотворение** — введение мужских половых продуктов в половые пути самки и выведение наружу уже оплодотворённой яйцеклетки.

Объяснение и важные примеры

3.1. ПОЛОВОЕ И БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

Размножение является одним из фундаментальных свойств живого. Несмотря на то, что жизнь в целом непрерывна, продолжительность жизни отдельно взятой особи конечна, поэтому передача наследственной информации от одного поколения следующему при воспроизведении обеспечивает выживание данного вида организмов на протяжении длительных периодов времени. Таким образом, размножение обеспечивает непрерывность и преемственность жизни.

В природе различают два основных способа размножения — *бесполое* и *половое*.

В основе *бесполого размножения* лежит митотическое деление клетки. В зависимости от того, сколько клеток материнского организма даёт начало новой особи, бесполое размножение подразделяют на *собственно бесполое* и *вегетативное*. При *собственно бесполом размножении* дочерняя особь развивается из единственной клетки материнского организма. При *вегетативном размножении* дочерняя особь развивается из группы клеток или целого органа.

Формы *собственно бесполого* размножения:

- деление надвое (амёба протей, инфузория-туфелька);
- множественное деление (малярийный плазмодий);
- спорообразование (споровые растения и грибы);
- почкование (дрожжи).

Формы *вегетативного* размножения:

- почкование (кишечнополостные, кольчатые черви);
- фрагментация (кишечнополостные, кольчатые черви);
- полиэмбриония — разделение зародыша на несколько (цитрусовые, броненосец, однояйцевые близнецы у человека);
- вегетативное размножение растений.

Бесполое размножение быстрое, даёт много потомков, вещество и энергия при этом расходуются очень эффективно. Однако все потомки являются копиями материнской особи, наследственная изменчивость отсутствует, и это снижает жизнеспособность особей при изменении условий окружающей среды.

Для *полового размножения* необходимо предварительное уменьшение количества хромосом, которое обеспечивается процессом мейотического деления клетки при образовании половых клеток. Количество хромосом восстанавливается при оплодотворении.

Особой формой полового размножения является *партеногенез*, например у дафний, медоносных пчел и некоторых скальных ящериц. Иногда этот процесс стимулируется внедрением сперматозоидов организмов другого вида.

Половое размножение обеспечивает возникновение генетического разнообразия потомков, основу которого составляют мейоз и рекомбинация родительских генов при оплодотворении. Наиболее удачные комбинации генов обеспечивают лучшее приспособление потомков к среде обитания, их выживание и большую вероятность передачи своей наследственной информации следующим поколениям. Этот процесс приводит к изменению признаков и свойств организмов и, в конечном итоге, к образованию новых видов в процессе эволюционного естественного отбора. Однако половое размножение является медленным, неэффективным с точки зрения затрат вещества и энергии, даёт мало потомков.

Бесполое и половое размножение широко используются человеком в сельском хозяйстве, декоративном животноводстве, растениеводстве и других областях деятельности для выведения новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов, сохранения хозяйственно ценных признаков, а также быстрого увеличения числа особей.

3.2. ОПЛОДОТВОРЕНИЕ

В процессе образования зиготы (оплодотворении) восстанавливается набор хромосом, уменьшенный в процессе формирования половых клеток (чаще всего диплоидный).

Чаще всего в природе встречается *перекрёстное оплодотворение* — мужскими половыми клетками другого организма, однако у некоторых организмов возможно *самооплодотворение*. Последнее возможно только у *гермафродитов* и *однодомных растений*, в отличие от *раздельнополых* организмов.

У животных, в частности позвоночных, оплодотворению предшествует осеменение. Успеху осеменения способствует синхронизация выведения мужских и женских половых клеток, а также выделение яйцеклетками специфических химических веществ с целью облегчения ориентации сперматозоидов в пространстве.

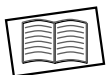
У животных также различают внешнее, внутреннее и наружно-внутреннее оплодотворение.

Внешнее оплодотворение характерно для двустворчатых моллюсков, бесчерепных, большинства рыб и многих земноводных.

Внутреннее оплодотворение характерно для подавляющего большинства наземных животных, например для плоских и круглых червей, многих членистоногих и брюхоногих моллюсков, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих, а также для ряда земноводных. Оно встречается и у некоторых водных животных, в том числе у головоногих моллюсков и хрящевых рыб.

При *наружно-внутреннем оплодотворении* самка захватывает половые продукты, специально оставленные самцом на каком-либо субстрате, как это происходит у некоторых членистоногих и хвостатых земноводных.

Типовые задания



Соматические клетки хомяка содержат 20 хромосом. Сколько хромосом будет содержать его зигота?

- 1) 10
- 2) 20
- 3) 30
- 4) 40

► Ответ. 2.



Организмам, указанным в столбцах приведённой ниже таблицы, соответствует определённый способ размножения.

ОРГАНИЗМЫ	СПОСОБ РАЗМНОЖЕНИЯ
Инфузория-туфелька, амёба протей	Деление надвое
Дрожжи, коралловые полипы	...

Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) множественное деление
- 2) спорообразование
- 3) почкование
- 4) полиэмбриония

► Ответ. 3.

ЕГЭ

Установите соответствие между формами и способами размножения.

ФОРМА РАЗМНОЖЕНИЯ	СПОСОБ РАЗМНОЖЕНИЯ
А) рост колонии коралловых полипов	1) вегетативное
Б) рост колонии дрожжей	2) собственно бесполое
В) размножение в однополый популяции скальных ящериц	3) половое
Г) оплодотворение икры горбуши	
Д) формирование однойцевых близнецов у человека	
Е) размножение амёбы протей	

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д	Е
1	2	3	3	1	2

3.3. ОНТОГЕНЕЗ И ПРИСУЩИЕ ЕМУ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Основные понятия и термины

- **Онтогенез** — процесс индивидуального развития организма от зарождения до смерти.
- **Филогенез** — процесс исторического развития вида.
- **Эмбриональный период (эмбриогенез)** — период онтогенеза от образования зиготы в процессе оплодотворения и до рождения организма или выхода его из зародышевых (яйцевых) оболочек.
- **Постэмбриональный период** — период онтогенеза от рождения до смерти организма.
- **Периоды эмбриогенеза человека:** оплодотворение, дробление, гаструляция, гистогенез и органогенез, плодный период.
- **Стадии эмбриогенеза человека:** зигота, морула, бластула, гаструла, нейрула, плод.
- **Дробление** — процесс митотического деления зиготы с образованием всё более мелких клеток — бластомеров.
- **Гаструляция** — процесс образования двух- или трёхслойного зародыша — гаструлы, который происходит после образования бластулы.

- ▶ **Морула** — плотное скопление 16–64 бластомеров.
- ▶ **Бластула** — однослойный многоклеточный зародыш.
- ▶ **Гаструла** — двух- или трёхслойный многоклеточный зародыш.
- ▶ **Нейрула** — поздняя гаструла, в которой происходит закладка нервной трубки, хорды и кишечника хордовых животных.
- ▶ **Зародышевые листки** — слои клеток гаструлы: эктодерма (наружный), мезодерма (средний), энтодерма (внутренний).
- ▶ **Гистогенез** — процесс формирования зрелых тканей, присущих взрослому организму.
- ▶ **Органогенез** — процесс формирования органов.
- ▶ **Прямое развитие** — тип развития, при котором появляющийся на свет организм похож на взрослую особь, но меньшего размера.
- ▶ **Непрямое развитие** — тип развития, при котором появляющийся на свет организм не похож на взрослую особь.
- ▶ **Ограниченный, или закрытый, рост** — рост, прекращающийся по достижении половой зрелости.
- ▶ **Неограниченный, или открытый, рост** — рост в течение всей жизни особи.
- ▶ **Жизненный цикл** — совокупность стадий развития, начиная от зиготы, пройдя которые организм достигает зрелости и приобретает способность к размножению.
- ▶ **Тератогенные факторы (тератогены)** — факторы, вызывающие отклонения в развитии зародыша человека и животных.

Объяснение и важные примеры

3.3.1. Эмбриональное и постэмбриональное развитие организмов

Зарождение организма происходит в момент образования зиготы. Это событие является отправной точкой *онтогенеза*, в процессе которого происходят *рост*, *дифференцировка* и интеграция частей развивающегося организма. Онтогенез определяется генетическими программами, закрепившимися в процессе эволюции, то есть он является кратким повторением *филогенеза*. Все изменения в организме вследствие переключения отдельных групп генов в ходе индивидуального развития происходят постепенно и не нарушают его целостности, однако события каждой предыдущей стадии оказывают значительное влияние на протекание последующих стадий развития.

В онтогенезе животных выделяют *эмбриональный* и *постэмбриональный* периоды. Иногда выделяют и *проэмбриональный* период, или прогенез, к которому относят гаметогенез и оплодотворение.

Эмбриогенез у позвоночных животных и человека делят на ряд стадий: *дробление*, *гастроляция*, *гистогенез* и *органогенез*, а также *период дифференцированного зародыша*.

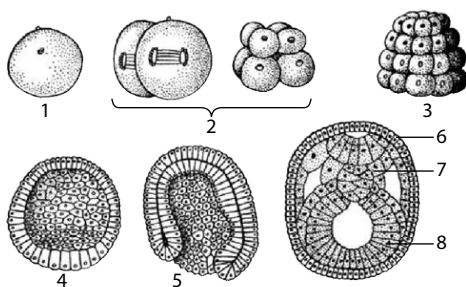


Рис. 57. Стадии эмбриогенеза:

- 1 — зигота; 2 — дробление; 3 — морула;
4 — бластула; 5 — гастрюла; 6 — эктодерма;
7 — мезодерма; 8 — энтодерма

В процессе *дробления* образуются клетки-бластомеры, формирующие сначала *морулу*, а затем *бластулу* (рис. 57). *Бластула* представляет собой полый шарик, стенки которого образованы клетками — *бластомерами*, а полость внутри заполнена жидкостью и называется *бластоцеллем*.

Гастроляция (рис. 57) осуществляется путём движения клеток и их групп относительно

друг друга, например втягиванием одной из стенок бластулы. Помимо двух или трёх слоёв клеток гастрюла имеет также первичный рот — *бластопор*. Различают *три зародышевых листка*: *эктодерму* — наружный зародышевый листок, *мезодерму* — средний и *энтодерму* — внутренний.

Закладка комплекса осевых органов в гастрюле хордовых животных (нервной трубки на спинной стороне зародыша, хорды и кишечной трубки) приводит к формированию *нейрулы*.

В процессе *гисто-* и *органогенеза* из эктодермы формируются эпидермис кожи и его производные (волосы, ногти, когти, перья), эпителий ротовой полости и эмаль зубов, прямая кишка, центральная нервная система, органы чувств, жаберы и др. Производными энтодермы являются кишечник и связанные с ним железы (печень и поджелудочная), а также лёгкие. А мезодерма даёт начало всем видам соединительной ткани, в том числе костной и хрящевой тканям скелета, хорде, мышечной ткани скелетных мышц, кровеносной системе, многим эндокринным железам и т. д.

После протекания органогенеза наступает период *дифференцированного зародыша*, который характеризуется продолжением специализации клеток организма и быстрым ростом.

У некоторых групп беспозвоночных (насекомые, скорпионы) и позвоночных животных (пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие)

в процессе эмбрионального развития возникают зародышевые оболочки и другие временные органы, которые обеспечивают развитие эмбриона и плода до рождения, например плацента, пуповина и др.

Постэмбриональное развитие животных делят на *дорепродуктивный* (ювенильный), *репродуктивный* и *пострепродуктивный* периоды. Ювенильный период продолжается от рождения до полового созревания, он характеризуется интенсивным ростом и развитием организма.

По характеру развития различают прямое и не прямое развитие. Пример прямого развития — развитие человека (рис. 58, а), непрямого (с метаморфозом) развития — развитие амфибий (рис. 58, б).

Наличие в жизненном цикле личинок, непохожих на взрослых особей, позволяет снизить внутривидовую конкуренцию за счёт разделения источников питания и среды существования, способствует расселению малоподвижных или неподвижных организмов.

Рост организма бывает двух типов: *ограниченный* (характерен для животных) или *неограниченный* (характерен для растений). Также существуют периодический и непериодический рост.

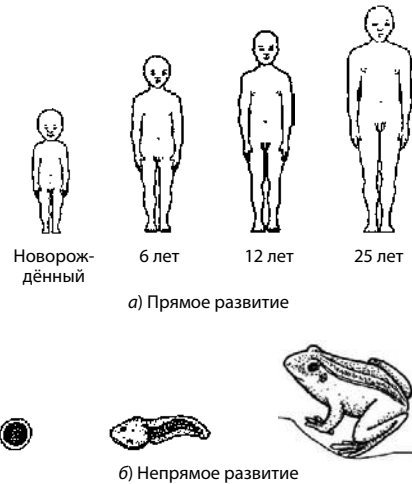


Рис. 58. Прямое и не прямое развитие

3.3.2. Жизненные циклы и чередование поколений

В жизненном цикле происходит чередование стадий развития с гаплоидным и диплоидным наборами хромосом, при этом у плаунов, хвощей, папоротников, семенных растений и многоклеточных животных преобладает диплоидный набор, у мхов гаплоидный, у одноклеточных животных, некоторых грибов и водорослей может встречаться гаплоидный набор.

Жизненные циклы могут быть простыми и сложными. В сложном жизненном цикле половое размножение чередуется с партеногенетическим и бесполом. Например, рачки дафнии в течение лета размножаются партеногенетически, а осенью — половым способом. У ряда организмов чередование полового и бесполого поколений происходит регулярно, и такой жизненный цикл называется

правильным. Он характерен, например, для высших растений и ряда медуз.

3.3.3. Причины нарушения развития организмов

Изменение внешних условий может ускорить или затормозить развитие эмбриона и даже вызвать возникновение различных нарушений. Эти нарушения вызываются *тератогенными факторами*, которые делят на физические, химические и биологические.

К *физическим тератогенам* относится, прежде всего, ионизирующая радиация, провоцирующая многочисленные пороки развития плода, которые могут быть несовместимыми с жизнью. *Химическими тератогенами* являются тяжёлые металлы, фенолы, ряд лекарственных препаратов, алкоголь, наркотики и никотин. В качестве *биологических тератогенов* рассматривают многие вирусы, бактерии, грибы и простейших животных.

Типовые задания



В результате дробления образуется

- | | |
|-------------|-------------|
| 1) зигота | 3) гастрולה |
| 2) бластула | 4) нейрула |

► Ответ. 2.



Установите последовательность процессов эмбриогенеза. Запишите соответствующую последовательность **цифр**.

- | | |
|----------------|-------------|
| 1) гистогенез | 4) бластула |
| 2) органогенез | 5) гастрולה |
| 3) нейрула | |

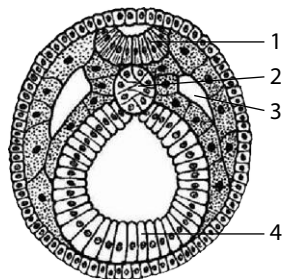
► Ответ. 45312.



На рисунке изображена стадия эмбриогенеза. Какой цифрой обозначена структура, закладывающаяся из эктодермы?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

► Ответ. 1.



3.4. ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ

Основные понятия и термины

- ▶ **Генетика** — наука, изучающая закономерности наследственности и изменчивости и методы управления ими.
- ▶ **Наследственность** — способность организмов передавать свои признаки и свойства в ряду поколений.
- ▶ **Изменчивость** — свойство организмов приобретать новые признаки в течение жизни.
- ▶ **Методы генетики:** гибридологический, или метод скрещиваний, цитогенетический, биохимический, молекулярно-генетические, популяционно-статистический, метод гибридизации соматических клеток в культуре и др.
- ▶ **Ген** — участок молекулы ДНК, или хромосомы, кодирующий структуру макромолекулы — белка или РНК; структурно-функциональная единица наследственности.
- ▶ **Плейотропия** — явление, при котором ген оказывает влияние на проявление сразу нескольких признаков.
- ▶ **Аллельные гены (аллели)** — варианты гена, определяющие развитие альтернативных (контрастных) признаков организма и расположенные в одинаковых участках гомологичных хромосом. Различают доминантный и рецессивный аллели.
- ▶ **Множественный аллелизм** — наличие более чем двух аллелей гена.
- ▶ **Доминантный аллель** отвечает за развитие доминантного признака, который проявляется всегда, и подавляет развитие рецессивного признака. Обозначается заглавной буквой (*A*, *B*, *C* и др.).
- ▶ **Рецессивный аллель** кодирует рецессивный признак, который проявляется только в том случае, если рецессивные аллели представлены в обеих парных хромосомах. Обозначается строчной буквой (*a*, *b*, *c* и др.).
- ▶ **Гомозигота (чистая линия)** — клетка или организм, несущие одинаковые аллели одного гена (*AA* или *aa*).
- ▶ **Гетерозигота** — клетка или организм, несущие разные аллели одного гена (*Aa*).
- ▶ **Генотип** — совокупность всех генов организма.
- ▶ **Фенотип** — совокупность признаков и свойств организма, обусловленных взаимодействием генотипа с условиями внешней среды.

- ▶ **Моногибридное скрещивание** — скрещивание, при котором анализируется один признак.
- ▶ **Дигибридное скрещивание** — скрещивание, при котором анализируются два признака.
- ▶ **Анализирующее скрещивание** — скрещивание организма с доминантным фенотипом с рецессивной гомозиготой для проверки генотипа первого.
- ▶ **Генетическая символика:**
 - Р — родительские организмы;
 - ♀ — материнская особь;
 - ♂ — отцовская особь;
 - × — знак скрещивания;
 - F₁, F₂, F₃ и т. д. — гибриды первого, второго, третьего и последующих поколений;
 - F_a — потомство от анализирующего скрещивания.
- ▶ **Число возможных сочетаний аллелей в гаметах** — 2^n , где n — число хромосом, характерное для гаплоидного набора.
- ▶ **Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения, закон доминирования):** при скрещивании гомозиготных родительских форм, отличающихся по одной паре альтернативных признаков, все гибриды первого поколения будут единообразны как по генотипу, так и по фенотипу.
- ▶ **Второй закон Менделя (закон расщепления):** при скрещивании гетерозиготных гибридов первого поколения в потомстве будет наблюдаться преобладание одного из признаков в соотношении 3 : 1 по фенотипу (1 : 2 : 1 по генотипу).
- ▶ **Третий закон Менделя (закон независимого расщепления признаков):** при скрещивании гомозиготных родительских форм, отличающихся по двум и более парам признаков, во втором поколении будет происходить независимое расщепление данных признаков в соотношении 3 : 1 по фенотипу (9 : 3 : 3 : 1 при дигибридном скрещивании) и их независимое комбинирование.
- ▶ **Правило чистоты гамет:** при гаметогенезе гены одной пары разделяются, т. е. каждая гамета несёт только один аллель гена.

Объяснение и важные примеры

3.4.1. Генетика как наука

Признаки организмов можно разделить на качественные и количественные. *Качественные признаки* имеют два-три контрастных проявления, которые называют *альтернативными*, например голубой и карий цвет глаз, тогда как *количественные* (удойность коров, урожайность пшеницы) не имеют чётко выраженных различий.

Закономерности передачи признаков из поколения в поколения были объяснены только с развитием науки *генетики*. Её основы были заложены опытами Г. Менделя.

Задачами генетики являются исследование качественных и количественных характеристик наследственного материала, расшифровка тонкой структуры гена и методов регуляции генной активности, поиск генов, вызывающих развитие наследственных болезней человека и методов их «исправления», конструирование с помощью средств генной и клеточной инженерии организмов с ценными признаками, а также полная расшифровка генома человека и других организмов.

В современной генетике применяется множество методов, в том числе гибридологический, цитогенетический, генеалогический и др.

Гибридологический метод, или метод скрещиваний, заключается в подборе родительских особей и анализе потомства.

Цитогенетический метод основан на исследовании кариотипа: числа, формы и величины хромосом организма.

3.4.2. Закономерности независимого наследования

Основоположник генетики Г. Мендель в опытах с горохом использовал гибридологический метод. Он изучал наследование качественных признаков гороха: форма семян (гладкие и морщинистые), окраску семян (жёлтые и зелёные) и др. Успех в открытии закономерностей наследственности ему обеспечили: удачный выбор объекта исследований (использование растений одного вида, короткий вегетационный период гороха, большое разнообразие сортов с контрастными признаками, самоопыляемость гороха и возможность провести перекрёстное опыление), тщательный анализ результатов скрещиваний, использование математического аппарата для анализа.

По результатам опытов с растениями гороха Г. Мендель сформулировал основные закономерности независимого наследования признаков: *законы единообразия гибридов первого поколения*,

расщепления и независимого наследования признаков, правило чистоты гамет.

Закон единообразия гибридов первого поколения. В первых экспериментах Г. Мендель применил *моногибридное скрещивание*. Он скрестил гомозиготные растения («чистые линии») с жёлтыми семенами с гомозиготными же с зелёными семенами. Гибриды от этого скрещивания имели только жёлтые семена. Явление преобладания у гибрида признака одного из родителей было названо *доминированием*. Признак, проявляющийся у гибрида первого поколения, получил название *доминантного*, а подавляемый им — *рецессивного*. Установленная закономерность получила название *первого закона Менделя (закона единообразия гибридов первого поколения, или закона доминирования)*.

Схема моногибридного скрещивания, соответствующая первому закону Менделя

A — жёлтые семена; **a** — зелёные семена.

P	♀ AA жёлтые семена	×	♂ aa зелёные семена
Гаметы	A		a
F₁	Aa жёлтые семена		

Закон расщепления. Затем Г. Мендель скрестил гибриды первого поколения и получил в потомстве 3/4 растений с жёлтыми семенами и 1/4 растений с зелёными, т. е. в потомстве наблюдалось преобладание одного из признаков в соотношении 3 : 1 по фенотипу (1 : 2 : 1 по генотипу). Данная закономерность была названа *вторым законом Менделя (законом расщепления)*.

Схема моногибридного скрещивания, соответствующая второму закону Менделя

P₂	♀ <i>Aa</i> жёлтые семена	×	♂ <i>Aa</i> жёлтые семена
Гаметы	<i>A</i>	<i>a</i>	<i>A</i> <i>a</i>
F₂	$\underbrace{1AA : 2Aa : 1aa}$		
Фенотип	3 : 1		
	жёлтые семена		зелёные семена

Анализирующее скрещивание. По фенотипу особи далеко не всегда удаётся установить её генотип, поскольку как гомозиготы по доминантному аллелю (AA), так и гетерозиготы (Aa) будут иметь в фенотипе проявление доминантного аллеля. Поэтому для организмов с перекрёстным оплодотворением применяют *анализирующее*

скрещивание. При этом гомозиготные по доминантному признаку особи расщепления в потомстве не дают, тогда как в потомстве гетерозиготных наблюдается равное количество особей как с доминантным, так и с рецессивным признаками (1 : 1).

Схемы анализирующего скрещивания

Р	♀ AA	×	♂ aa	Р	♀ Aa	×	♂ aa
Гаметы	A		a	Гаметы	A a		a
Fa	Aa			Fa	1Aa : 1aa		

Правило чистоты гамет. Основываясь на результатах собственных экспериментов, Г. Мендель предположил, что у каждого организма имеется по два наследственных фактора (гена), определяющих развитие признака, и при образовании гибридов они не смешиваются, а сохраняются в неизменном виде. Поскольку связь между поколениями осуществляется через гаметы, он допустил, что в процессе их образования в каждую из гамет попадает только один фактор из пары (т. е. гаметы генетически чисты), а при оплодотворении пара восстанавливается. Например все гаметы доминантной гомозиготы AA будут нести только аллель A, рецессивной гомозиготы aa — a, 1/2 гамет гетерозиготы Aa — A, 1/2 — a. Эти предположения получили название *правила (гипотезы, закона) чистоты гамет*.

Следует учитывать, что в гаметах сочетаются в случайном порядке аллели всех генов организма, однако при составлении схем скрещивания учитываются только исследуемые. Так, при моногибридном скрещивании в гаметах указывается только один аллель (A или a), при дигибридном — два (AB, Ab, aB или ab) и т. д.

Закон независимого расщепления признаков. При ди- и полигибридном скрещивании большее количество гамет создаёт затруднения при определении генотипов потомков, поэтому для анализа широко используется решётка Пеннета, в которую по горизонтали заносятся мужские гаметы, а по вертикали — женские. Генотипы потомков определяются сочетанием генов в столбцах и строках. При этом в генотипе сначала указываются оба аллеля первого гена, затем второго и т. д. Доминантный аллель гена всегда записывается перед рецессивным: AaBb — правильно, aAbB — неправильно.

♀ \ ♂	aB	ab
AB	AaBB	AaBb
Ab	AaBb	Aabb

Для дигибридного скрещивания Г. Мендель выбрал два признака: окраску семян (жёлтую и зелёную) и их форму (гладкую и морщинистую). В первом поколении наблюдалось единообразие гибридов первого поколения (закон единообразия), а при самоопылении гибридов потомки второго поколения дали 315 жёлтых гладких семян, 108 — зелёных гладких, 101 — жёлтое морщинистое и 32 зелёных морщинистых. Расщепление приближалось к $9 : 3 : 3 : 1$, но по каждому из признаков сохранялось соотношение $3 : 1$ (жёлтые — зелёные, гладкие — морщинистые). Эта закономерность получила название *закона независимого расщепления признаков*, или *третьего закона Менделя*.

Схема дигибридного скрещивания, соответствующая третьему закону Менделя

P ♀ *AABB* × ♂ *aabb*
 жёлтые гладкие зелёные морщинистые

Гаметы *AB* *ab*

F₁ *AaBb*
 жёлтые гладкие

P₂ ♀ *AaBb* × ♂ *AaBb*
Гаметы *AB, Ab, aB, ab* *AB, Ab, aB, ab*

F ₂	♀ \ ♂	<i>AB</i>	<i>Ab</i>	<i>aB</i>	<i>ab</i>
	♀ <i>AB</i>	 <i>AABB</i>	 <i>AABb</i>	 <i>AaBB</i>	 <i>AaBb</i>
	♀ <i>Ab</i>	 <i>AABb</i>	 <i>AAbb</i>	 <i>AaBb</i>	 <i>Aabb</i>
	♀ <i>aB</i>	 <i>AaBB</i>	 <i>AaBb</i>	 <i>aaBB</i>	 <i>aaBb</i>
	♀ <i>ab</i>	 <i>AaBb</i>	 <i>Aabb</i>	 <i>aaBb</i>	 <i>aabb</i>

F₂ $9A_B_ : 3A_bb : 3aaB_ : 1aabb^*$
 жёлтые жёлтые зелёные зелёные
 гладкие морщинистые гладкие морщинистые

* На данном месте может находиться как доминантный, так и рецессивный аллель.

Третий закон Менделя применим только к случаям независимого наследования, когда гены расположены в разных парах гомологичных хромосом.

3.4.3. Цитологические основы наследования

В основе закономерностей независимого наследования, установленных Г. Менделем, лежит поведение гомологичных хромосом в процессе мейоза и случайное сочетание гамет при оплодотворении.

Если каждая хромосома пары несёт только один аллель гена, то гомозигота по одному признаку при мейозе будет образовывать четыре гаметы с одинаковыми аллелями гена, следовательно, при скрещивании можно учитывать только один тип гамет. Таким образом, у гомозигот по доминантному признаку AA будут образовываться гаметы только с аллелем A , а у гомозигот по рецессивному aa — только с аллелем a . Их слияние при скрещивании гомозигот с альтернативным состоянием признака приведёт к образованию только гетерозиготных особей, что соответствует первому закону Менделя (рис. 59).

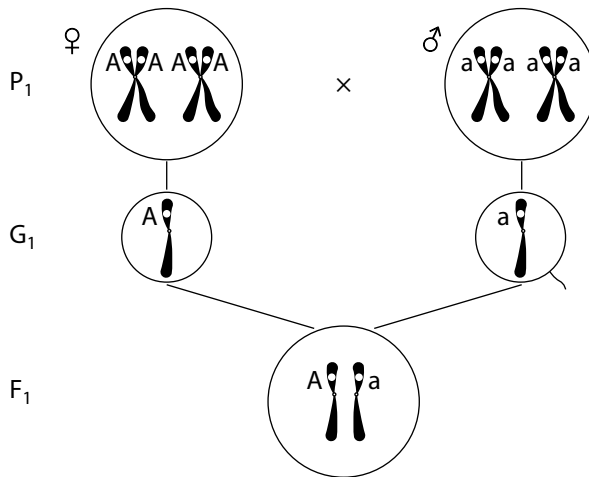


Рис. 59. Цитологические основы закономерностей наследования при моногибридном скрещивании (I закон Менделя)

При образовании гамет у гетерозиготы по одному признаку в процессе мейоза каждый из аллелей пары окажется в одной из половых клеток. При этом будет иметься только два типа гамет в одинаковом соотношении. Если скрестить две гетерозиготные особи, то в потомстве вероятно образование четырёх дочерних организмов, три из которых будут нести хотя бы один доминантный аллель A ,

а один будет гомозиготен по рецессивному признаку, что соответствует второму закону Менделя (рис. 60).

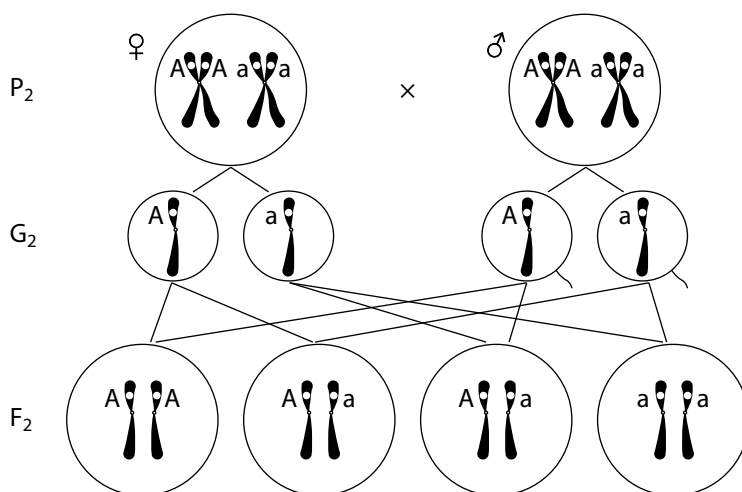


Рис. 60. Цитологические основы закономерностей наследования при моногибридном скрещивании (II закон Менделя)

При ди- и полигибридном скрещивании организмы имеют парные хромосомы, а исследуемые гены находятся в разных парах хромосом, которые случайным образом расходятся в мейозе и случайно сочетаются при оплодотворении. При этом у гомозиготы по двум признакам будет образовываться один тип гамет, у гетерозиготы по одному признаку при дигибридном скрещивании — два, а у гетерозиготы по двум — четыре. Соответственно, при дигибридном скрещивании гомозигот с альтернативным состоянием обоих признаков все потомки будут гетерозиготны по обоим признакам, а при скрещивании дигетерозигот расщепление у гибридов соответствует третьему закону Менделя.

3.4.4. Статистические закономерности независимого наследования признаков

Если при скрещивании двух гомозигот, пусть и отличающихся состоянием признака, все потомки будут единообразны по генотипу и фенотипу (100 %), то при скрещивании гетерозигот даже по одному признаку (Aa) будет образовываться 1/2 гамет A и 1/2 гамет a, следовательно, можно ожидать получения 1/4 потомков с генотипами AA, 1/2 — с генотипами Aa и 1/4 — с генотипами aa. Фенотипически при полном доминировании это будет проявляться как 3 : 1. Данное расщепление является результатом случайного сочетания

гамет, несущих разные аллели, при оплодотворении. При небольшом количестве потомков, например у человека, может наблюдаться иное соотношение фенотипов, поэтому необходим анализ большого числа событий для подтверждения статистического характера независимого наследования признаков.

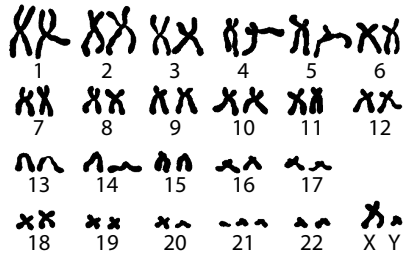
Типовые задания



Обнаружить избыточную хромосому в кариотипе человека возможно с помощью метода

- 1) гибридологического
- 2) цитогенетического
- 3) биохимического
- 4) популяционно-статистического

► Ответ. 2.



Участок молекулы ДНК, кодирующий последовательность нуклеотидов РНК, — это

- 1) ген
- 2) генотип
- 3) нуклеотид
- 4) хромосома

► Ответ. 1.



Выберите три **верных утверждения** из шести и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) Доминантный аллель отвечает за развитие доминантного признака, который проявляется всегда, и подавляет развитие рецессивного признака.
- 2) Рецессивный аллель обозначается строчной буквой (*a*, *b*, *c* и др.).
- 3) Гомозигота (чистая линия) — клетка или организм, несущие разные аллели одного гена (*Aa*).
- 4) Фенотип — совокупность ядерных генов организма.
- 5) Моногибридное скрещивание — скрещивание, при котором скрещиваемые организмы анализируются по одной паре альтернативных признаков.
- 6) Геном — это совокупность генов организма.

► Ответ. 125.

3.4.5. Решение генетических задач. Составление схем скрещивания

Всё разнообразие генетических задач можно свести к трём типам: расчётные задачи, задачи на определение генотипа и задачи на установление типа наследования признака.

Особенностью **расчётных задач** является наличие информации о наследовании признака и фенотипах родителей, по которым легко установить их генотипы. В них требуется установить генотипы и фенотипы потомства.

В задачах на **определение генотипа** также приводится характер наследования признака, но ставится задание определить генотипы потомства по генотипам родителей или наоборот.

В **задачах на определение характера наследования признака** приводятся только фенотипы родителей и потомства. Вопросом таких задач является именно выяснение характера наследования признака.

Задача 1. Какую окраску будут иметь семена сорго, полученного в результате скрещивания чистых линий этого растения с тёмной и светлой окраской семян, если известно, что тёмная окраска доминирует над светлой? Какую окраску будут иметь семена растений, полученных от самоопыления этих гибридов?

Решение.

Обозначаем аллели: A — тёмная окраска семян, a — светлая окраска семян.

Составляем схему скрещивания:

а) сначала записываем генотипы родителей, которые по условию задачи являются гомозиготными:

$$\begin{array}{ccc} \text{Р} & \text{♀ } AA & \times & \text{♂ } aa \\ & \text{тёмные семена} & & \text{светлые семена} \end{array}$$

б) затем записываем гаметы в соответствии с правилом чистоты гамет:

$$\begin{array}{ccc} \text{Гаметы} & A & a \end{array}$$

в) далее записываем генотипы потомков:

$$\begin{array}{ccc} \text{F}_1 & Aa \end{array}$$

г) согласно закону доминирования все гибриды первого поколения будут иметь тёмную окраску, поэтому подписываем под генотипом фенотип:

$$\begin{array}{ccc} \text{Фенотип} & \text{тёмные семена} \end{array}$$

3. Записываем схему следующего скрещивания:

$$\begin{array}{ccc} \text{Р}_2 & \text{♀ } Aa & \times & \text{♂ } Aa \\ & \text{тёмные семена} & & \text{тёмные семена} \\ \text{Гаметы} & A & a & A & a \end{array}$$

F_2	$1AA : 2Aa : 1aa$
Фенотип	3 : 1
	тёмные семена светлые семена

- Ответ. В первом поколении все растения будут иметь тёмную окраску семян, а во втором $3/4$ растений будут иметь тёмные семена, а $1/4$ — светлые.

Задача 2. У крыс чёрная окраска шерсти доминирует над бурой, а нормальная длина хвоста — над укороченным хвостом. Сколько потомков во втором поколении от скрещивания гомозиготных крыс с чёрной шерстью и нормальным хвостом с гомозиготными крысами с бурой шерстью и укороченным хвостом будут иметь чёрную шерсть и укороченный хвост, если всего родилось 80 крысят?

Решение.

1. Записываем условие задачи:

A — чёрная шерсть, a — бурая шерсть;

B — нормальная длина хвоста, b — укороченный хвост.

F_2 : A_bb ?

2. Записываем схему скрещивания:

P	♀ $AABB$ чёрная шерсть хвост нормальной длины	×	♂ $aabb$ бурая шерсть укороченный хвост
Гаметы	AB		ab

F_1	$AaBb$ чёрная шерсть, хвост нормальной длины
-------	---

P_2	♀ $AaBb$	×	♂ $AaBb$
Гаметы	AB, Ab, aB, ab		AB, Ab, aB, ab

F ₂	♂ ♀	AB	Ab	aB	ab
	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Примечание. Следует помнить, что буквенные обозначения генов записываются в алфавитном порядке, при этом в генотипах прописная буква всегда будет идти перед строчной: A — перед a , B — перед b и т. д.

Полученные результаты свидетельствуют, что доля крысят с чёрной шерстью и укороченным хвостом составляет $3/16$.

Рассчитываем количество крысят с указанным фенотипом в потомстве второго поколения:

$$80 \times 3/16 = 15$$

► Ответ. 15 крысят имели чёрную шерсть и укороченный хвост.

Типовые задания



Четыре типа гамет образует организм с генотипом

1) $aabb$

3) $AABb$

2) $AaBb$

4) $aaBB$

► Ответ. 2.



У родителей с резус-положительной группой крови родился ребенок с резус-отрицательной группой крови. Наиболее вероятные генотипы родителей:

1) ♀ AA × ♂ AA

3) ♀ Aa × ♂ Aa

2) ♀ Aa × ♂ AA

4) ♀ Aa × ♂ aa

► Ответ. 3.



Какова вероятность рождения здоровых детей у здоровых родителей, имеющих больного фенилкетонурией сына?

1) 25 %

3) 75 %

2) 50 %

4) 100 %

► Ответ. 3.

3.5. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ. ГЕНЕТИКА ПОЛА

Основные понятия и термины

- **Рекомбинантные (кроссоверные) особи** — особи, развившиеся из зиготы, в образовании которой принимала участие хотя бы одна кроссоверная гамета.
- **Закон Моргана:** гены, локализованные в одной хромосоме, занимают в ней определённое место — *локус*, и наследуются сцепленно, причём сила сцепления обратно пропорциональна расстоянию между генами.

- ▶ **Единица расстояния между генами в хромосоме** — 1 % кроссинговера (морганида или сантиморганида).
- ▶ **Группа сцепления** — совокупность генов, локализованных в одной хромосоме.
- ▶ **Частота кроссинговера** — величина, показывающая соотношение рекомбинантных особей к общему числу потомков: $\frac{n_1}{n} \times 100\%$, где n_1 — число рекомбинантных особей, n — общее число потомков.
- ▶ **Генетическая карта** — схема взаимного расположения генов, находящихся в одной хромосоме, с учётом относительного расстояния между ними.
- ▶ **Пол** — это совокупность морфологических и физиологических особенностей организма, обеспечивающих половое размножение.
- ▶ **Половые хромосомы, или гетерохромосомы**, — хромосомы, отличающиеся у разных полов и несущие информацию о половых признаках.
- ▶ **Гомогаметный пол** — пол с одинаковыми половыми хромосомами.
- ▶ **Гетерогаметный пол** — пол с разными половыми хромосомами.
- ▶ **Признаки, сцепленные с полом**, — признаки, определяемые генами, которые находятся в половых хромосомах.
- ▶ **Голандрические признаки** — признаки, закодированные в генах Y-хромосомы; передаются сугубо по мужской линии.

Объяснение и важные примеры

3.5.1. Законы Т. Моргана: сцепленное наследование признаков, нарушение сцепления генов

Открытие митоза и мейоза, повторное открытие закономерностей независимого наследования, а также накопление генетических данных в начале XX века привело к развитию представлений о том, что гены находятся в хромосомах, а также о возможных причинах отклонений от законов Г. Менделя. Убедительные доказательства этих гипотез были получены американским генетиком Т. Х. Морганом с сотрудниками.

При скрещивании чистых линий плодовой мушки дрозофилы дикого типа (серое тело, длинные крылья) с мутантами (чёрное тело, зачаточные крылья) Т. Х. Морган в первом поколении получил мушек дикого типа. В потомстве анализирующего скрещивания этих гибридов с мутантами было две примерно равные группы особей с теми же сочетаниями признаков, что и у родительских форм (41,5 % — серое тело и длинные крылья, 41,5 % — чёрное тело и зачаточные крылья), и две меньших с их новыми комбинациями (8,5 % — серое тело и зачаточные крылья, и 8,5 % — чёрное тело и зачаточные крылья) (рис. 61).

В связи с тем что полученное расщепление признаков в потомстве не соответствовало таковому при анализирующем скрещивании, Т. Морган предположил, что исследуемые признаки кодируются *сцепленными* генами (находящимися в одной хромосоме), а нарушает их сцепление — кроссинговер, происходящий в профазе I мейоза. Гены, расположенные в хромосоме друг за другом (вероятность кроссинговера крайне мала), называются *сцепленными полностью*, а если между ними находится ещё хотя бы один ген, то они *сцеплены не полностью* и их сцепление нарушается при кроссинговере в результате обмена участками гомологичных хромосом. Гетерозиготные по двум генам организмы с полностью сцепленными генами образуют только два сорта гамет, а с неполностью сцепленными — четыре. Таким образом, были сформулированы закон Т. Моргана и хромосомная теория наследственности.

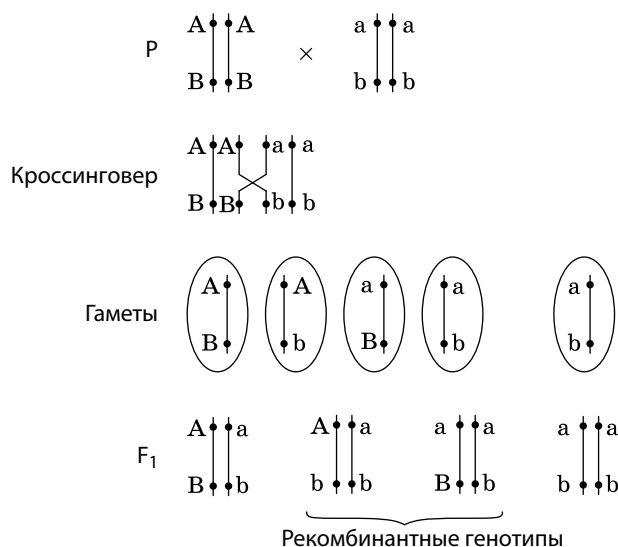


Рис. 61. Схема сцепленного наследования признаков

3.5.2. Хромосомная теория наследственности

Основные положения хромосомной теории:

1. Гены расположены в хромосомах. Гены одной хромосомы наследуются совместно, или сцепленно, и называются *группой сцепления*. Число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом (n).
2. Каждый ген занимает в хромосоме строго определённое место — *локус*.
3. Гены в хромосомах расположены линейно.
4. Нарушение сцепления генов происходит только в результате *кроссинговера*.
5. Расстояние между генами в хромосоме пропорционально проценту кроссинговера между ними.
6. Независимое наследование характерно в основном для генов негомологичных хромосом.

3.5.3. Генетические карты

На основании анализа результатов скрещиваний особей с признаками, которые кодируются сцепленными генами, удалось определить взаимное расположение генов в хромосомах, т. е. составить их *генетические карты* (рис. 62).

Единицей расстояния между генами в хромосомах является *морганида*.

3.5.4. Генетика пола

Самыми заметными различиями между двумя организмами являются половые. Признаки, по которым один пол отличается от другого, делят на *первичные* и *вторичные*.

К *первичным* половым признакам относятся половые органы. *Вторичными* половыми признаками у человека являются типы фигуры и оволосения, тембр голоса и др.

У большинства организмов количество хромосом у самцов и самок не различается, но у одного из полов есть пара хромосом,

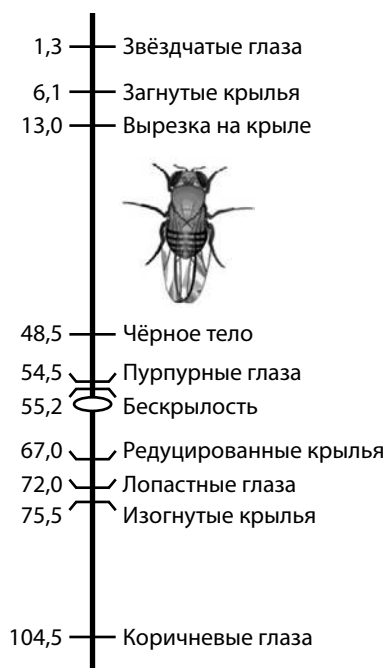


Рис. 62. Генетическая карта хромосомы 2 дрозофилы

отличающихся по размерам. Это — *половые хромосомы*, или *гетерохромосомы*.

В кариотипе мужской особи человека, млекопитающих и плодовой мушки дрозофилы находятся непарные хромосомы **X** и **Y**, следовательно, у них образуются X- и Y-сперматозоиды, которые и определяют пол потомка при оплодотворении. Такой пол называется *гетерогаметным*. Женский кариотип характеризуется наличием двух парных X-хромосом, а женский пол является *гомогаметным*.

У птиц и бабочек *гетерогаметны* самки (**ZW**), а самцы — *гомогаметны* (**ZZ**).

У кузнечиков самки имеют две половые хромосомы (**XX**), а самцы — только одну (**X0**). У пчёл самки (матки и рабочие пчёлы) развиваются из оплодотворённых яйцеклеток (**2n**), а мужские (трутни) — из неоплодотворённых (**n**), но восстанавливают диплоидность в процессе развития благодаря особым механизмам.

Поскольку гаметы с половыми хромосомами продуцируются у самок и самцов с равной вероятностью, ожидаемое соотношение полов в потомстве составляет 1 : 1.

3.5.5. Наследование признаков, сцепленных с полом

Признаки, определяемые генами, которые находятся в половых хромосомах, называются *сцепленными с полом*. Примерами признаков, сцепленных с полом, являются рецессивные признаки гемофилии и дальтонизма, которые в основном проявляются у мужчин, так как в Y-хромосоме нет аллельных генов этих признаков. Женщины болеют такими болезнями только в том случае, если и от отца, и от матери они получили такие аллели.

Например, если мать гетерозиготна по гемофилии, а отец здоров, то у половины её сыновей свёртываемость крови будет нарушена:

X^H — нормальная свёртываемость крови;

X^h — несвёртываемость крови (гемофилия)

P	♀ $X^H X^h$	×	♂ $X^H Y$
	нормальная свёртываемость крови		нормальная свёртываемость крови
Гаметы	X^H, X^h		X^H, Y
F₁	$X^H X^H$ $X^H X^h$		$X^H Y$ $X^h Y$
	нормальная свёртываемость крови		гемофилия

Голландрические признаки: наличие перепонки между пальцами ног, повышенное оволосение края ушной раковины.

3.5.6. Алгоритм решения типовой задачи

У дрозофил гены окраски тела и формы крыльев сцеплены. Чёрная окраска тела рецессивна по отношению к серой, а короткие крылья — к длинным. В лаборатории скрещивались серые длиннокрылые самки, гетерозиготные по обоим признакам, с самцами, имеющими чёрное тело и короткие крылья. В потомстве оказалось серых длиннокрылых особей 1394; чёрных короткокрылых — 1418, чёрных длиннокрылых — 287, серых короткокрылых — 288. Определите расстояние между генами.

Решение.

Обозначаем аллели:

ген окраски тела: A — серая; a — чёрная

ген длины крыльев: B — длинные; b — короткие

P_1	♀ $\frac{AB}{ab}$	×	♂ $\frac{ab}{ab}$
Гаметы	$\frac{AB}{\text{нерекомбинантные}}$	$\frac{ab}{\text{рекомбинантные}}$	$\frac{aB}{ab}$
F_1	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{Ab}{ab}$	$\frac{aB}{ab}$
	1394	1418	288
	нерекомбинантные особи	рекомбинантные особи	287

$\frac{AB}{ab}$ и $\frac{ab}{ab}$ — потомство, полученное с участием рекомбинантных хромосом

Определяем частоту кроссинговера:

$$\frac{n_1}{n} \times 100\% = \frac{288 + 287}{3387} \times 100\% = 16,97\%.$$

- Ответ. Относительное расстояние (перекрёст) между генами A и B составляет 16,97 %.

Это интересно!

Утконос имеет 10 половых хромосом, а не две (XY), как большинство млекопитающих. Соответственно, комбинация XXXXXXXXXX даёт самку, а XXXXXYYYYY — самца. Все половые хромосомы связаны в единый комплекс, который ведёт себя в мейозе как единое целое. Поэтому у самцов образуются сперматозоиды, имеющие цепочки XXXXX и YYYYY. Когда сперматозоид XXXXX оплодотворяет яйцеклетку, рождаются утконосы женского пола, если сперматозоид YYYYY — утконосы мужского пола.

Типовые задания

У растения *Arabidopsis thaliana* зелёный цвет побегов доминирует над жёлтым, а окрашенный венчик — над белым. При анализирующем скрещивании зелёного растения с окрашенными цветками получили: 180 растений с зелёным побегом и окрашенным венчиком, 179 — с жёлтым побегом и белым венчиком, 21 — с зелёным побегом и белым венчиком, 19 — с жёлтым побегом и окрашенным венчиком. Определите расстояние между генами. Ответ запишите числом.

► Ответ. 10.



В приведённой ниже таблице между позициями первого и второго столбца имеется взаимосвязь.

Целое	Часть
...	Ген
ДНК	Нуклеотид

Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) ядро
- 2) белок
- 3) хромосома
- 4) кариотип

► Ответ. 3.



Особь имеет генотип $X_B^A X_b^a$. Расстояние между генами равно 20 морганид. Какие гаметы и в каком количестве образует эта особь?

► Ответ. 40 % X_B^A : 40 % X_b^a : 10 % X_B^a : 10 % X_b^A .

3.6. ГЕНОТИП КАК ЦЕЛОСТНАЯ СИСТЕМА

Основные понятия и термины

- **Полное доминирование** — вид взаимодействия аллельных генов, при котором в доминантной гомозиготе и гетерозиготе наблюдается проявление только доминантного признака.

- ▮ **Неполное доминирование** (промежуточное наследование) — вид взаимодействия аллельных генов, при котором проявление рецессивного аллеля в определённой степени ослабляет проявление доминантного в гетерозиготе.
- ▮ **Кодоминирование** — вид взаимодействия аллельных генов, при котором оба аллеля проявляются в гетерозиготе, не ослабляя эффектов друг друга.
- ▮ **Сверхдоминирование** — явление, при котором в гетерозиготном состоянии доминантный признак проявляется намного сильнее, чем в гомозиготном.
- ▮ **Комплементарность** — вид взаимодействия неаллельных генов, при котором для проявления определённого состояния признака необходимо присутствие как минимум двух доминантных аллелей разных пар.
- ▮ **Эпистаз** — вид взаимодействия неаллельных генов, при котором один неаллельный ген подавляет развитие признака, определяемого другим.
- ▮ **Полимерия** — вид взаимодействия неаллельных генов, при котором каждая пара генов оказывает одинаковое влияние на развитие признака.
- ▮ **Плейотропия** — влияние одного гена на несколько признаков организма.
- ▮ **Летальные аллели** — аллели, вызывающие в гомозиготном состоянии гибель организма в эмбриональном периоде.

Объяснение и важные примеры

Генотип является системой взаимодействующих генов (М. Е. Лобашев), поскольку гены, оказавшиеся в одном генотипе, могут сильно влиять на проявление действия других генов. На развитие признаков оказывают существенное влияние и условия окружающей среды. Так, уровень минерального питания существенно влияет на генетически детерминированную урожайность культур. Таким образом, в генотипе записаны лишь «способности» организма, которые проявляются только во взаимодействии с другими генами и с условиями окружающей среды.

3.6.1. Взаимодействие генов

Аллельные и неаллельные гены оказывают влияние на проявления других генов.

Взаимодействие аллельных генов

Ко взаимодействию аллельных генов относят *полное и неполное доминирование, кодоминирование и сверхдоминирование*.

Полное доминирование было исследовано в экспериментах Г. Менделя.

Пример *неполного доминирования* — наследование окраски венчика ночной красавицы: при скрещивании гомозиготных растений с белыми и красными венчиками всё потомство F_1 будет иметь розовые венчики.

Типичным примером *кодоминирования* является наследование групп крови по системе АВ0 (табл. 2). Как видно из таблицы, I, II и III группы крови наследуются по типу полного доминирования, тогда как IV (AB) группа (генотип $I^A I^B$) является примером кодоминирования. Наследование групп крови по системе АВ0 является также примером множественного аллелизма.

Таблица 2

Группы крови по системе АВ0

Группа крови (фенотип)	Генотип
I (0)	ii
II (A)	$I^A I^A$ или $I^A i$
III (B)	$I^B I^B$ или $I^B i$
IV (AB)	$I^A I^B$

Эффект *сверхдоминирования* часто используется в селекции и считается причиной гетерозиса — явления гибридной силы.

Многие гены обладают *плейотропным* эффектом. Его особым случаем является *летальное действие генов*, при котором гомозиготы по данной аллели погибают в эмбриональном периоде. При скрещивании двух гетерозигот расщепление по данному признаку в потомстве будет равняться **2 : 1**. Так наследуется платиновая окраска у лис.

Взаимодействие неаллельных генов

Основными типами взаимодействия неаллельных генов являются *комплементарность, эпистаз и полимерия*.

Пример *комплементарности* — наследование формы плода у тыквы. При скрещивании растений со сферическими ($AAbb$) и длинными ($aaBB$) плодами в первом поколении появляются растения с дисковидными плодами ($AaBb$).

Гены, подавляющие действие других генов, называются *эпистатическими* (супрессорами, ингибиторами), а подавляемые — *гипостатическими*. При доминантном эпистазе эпистатическим является доминантный аллель, при рецессивном эпистазе — рецессивный. Пример рецессивного эпистаза — *бомбейский феномен*.

По типу *полимерии* наследуются количественные признаки, например цвет кожи, масса тела, рост и др.

3.6.2. Генетика человека. Методы изучения генетики человека

Для человека как биологического вида в полной мере справедливости генетические закономерности наследственности и изменчивости, установленные для растений и животных, поэтому методы, применяемые в генетике человека, принципиально не отличаются от общепринятых. Однако их использование учитывает специфику человека как объекта. Методами генетики человека являются *генеалогический, близнецовый, цитогенетический, дерматоглифический, молекулярно-биологические и популяционно-статистический методы, метод гибридизации соматических клеток и метод моделирования*.

Генеалогический метод — это метод составления родословных (рис. 63), с помощью которых определяют характер наследования изучаемых признаков, в том числе наследственных болезней, и прогнозируют рождение потомков с соответствующими признаками.

Близнецовый метод помогает определить вклад наследственности и влияние условий окружающей среды на проявление признака на основе анализа совпадения этих признаков у однояйцевых и разнотельцевых близнецов.

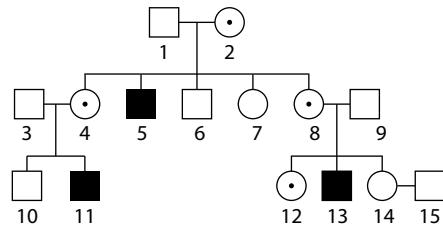


Рис. 63. Родословная семьи с гемофилией

Символика генеалогического метода:

- — мужчина с исследуемым признаком;
- — мужчина без исследуемого признака;
- — женщина без исследуемого признака;
- — женщина-носитель исследуемого аллеля;
- — брак;
- — родители и дети

Дерматоглифический метод основан на исследовании индивидуальных особенностей кожных рисунков пальцев рук (дактилоскопия), ладоней и ступней ног.

Типовые задания



Однояйцевые близнецы, выросшие в различных условиях, могут различаться по

- | | |
|-------------|-----------------------|
| 1) фенотипу | 3) генетическому коду |
| 2) генотипу | 4) генофонду |

► Ответ. 1.



Наследственным признаком человека является

- 1) изменение количества мышечной ткани при занятиях спортом
- 2) формирование кожных узоров на пальцах рук
- 3) изменение цвета волос в течение жизни
- 4) потемнение кожи в летний период

► Ответ. 2.



От брака женщин негроидной расы и мужчин европеоидной расы рождаются мулаты. Анализ потомства большого числа браков между мулатами дал расщепление 1 : 4 : 6 : 4 : 1. Фенотипически это были чёрные и белые потомки, мулаты, а также тёмные и светлые мулаты. Определите характер взаимодействия генов, обуславливающих окраску кожи.

- 1) кодоминирование
- 2) комплементарность
- 3) эпистаз
- 4) полимерия

► Ответ. 4.

Это интересно!

Так называемый **бомбейский феномен** состоит в том, что в семье, где отец имел группу крови 0, а мать — группу В, родилась девочка с 0 группой крови, что вполне объяснимо. Но когда дочка вышла замуж за мужчину с группой крови А, у них родились дочери — первая с группой крови АВ, а вторая — с группой крови 0. Рождение девочки с группой крови АВ от матери с группой 0 можно объяснить редким рецессивным эпистатическим геном, способным подавлять действие генов, определяющих группы крови А и В.

3.6.3. Решение генетических задач. Составление схем скрещивания

Задача 1. Дальтонизм (цветовая слепота) наследуется как сцепленный с полом рецессивный признак. Какие генотипы могут быть у детей мужчины и женщины, которые нормально различают цвета, хотя их родители были дальтониками, а матери и их родственники здоровы?

Решение.

1. Обозначаем гены: X^D — нормальное цветовое зрение; X^d — дальтонизм.

2. Устанавливаем генотипы мужчины и женщины, отцы которых были дальтониками.

P	♀ $X^D X^D$	×	♂ $X^d Y$
Гаметы	X^D		X^d Y
F₁	$X^D X^d$		$X^D Y$
Фенотип	нормальное цветовое зрение		

3. Записываем схему скрещивания для определения возможных генотипов детей:

P₂	♀ $X^D X^d$	×	♂ $X^D Y$
	нормальное цветовое зрение		нормальное цветовое зрение
Гаметы	X^D X^d		X^D Y
F₂	$X^D X^D$	$X^D X^d$	$X^D Y$ $X^d Y$
Фенотип	нормальное цветовое зрение		дальтонизм

- Ответ. У всех девочек будет нормальное цветовое зрение (однако 1/2 девочек будет носителями гена дальтонизма), 1/2 мальчиков будет здорова, а 1/2 будет больна дальтонизмом.

Задача 2. При скрещивании высокорослых растений томатов с шаровидной формой плода с карликовыми растениями с грушевидной формой плода в первом поколении все растения были высокорослыми с грушевидными плодами. От анализирующего скрещивания гибридов F₁ получено: 905 высокорослых растений с шаровидными плодами, 869 карликовых растений с грушевидными плодами, 223 высокорослых растения с грушевидными плодами, 218 карликовых растений с грушевидными плодами. Определите генотипы родителей и потомства, полученного в результате первого и анализирующего скрещиваний. Составьте схему решения задачи. Объясните формирование четырёх фенотипических групп в анализирующем скрещивании.

Решение.

1. В связи с тем что в первом поколении имеются только высокорослые растения с шаровидными плодами, то в соответствии с I законом Менделя можно обозначить гены:

A — высокорослые, a — карликовые; B — шаровидные плоды, b — грушевидные плоды.

2. Единообразие гибридов первого поколения свидетельствует и о гомозиготности родительских форм по обоим признакам.

3. Присутствие в потомстве анализирующего скрещивания двух почти равных групп особей с такими же комбинациями признаков, как и у родительских форм (905 и 869), и двух почти равных меньших (223 и 218), с новыми комбинациями признаков, объясняется законом сцепленного наследования признаков. Меньшие фенотипические группы образуются в результате кроссинговера между гомологичными хромосомами.

4. Записываем схемы скрещивания:

1) первое скрещивание:

P	♀ $\frac{AB}{AB}$	×	♂ $\frac{ab}{ab}$
	высокорослые, шаровидные плоды		карликовые, грушевидные плоды
Гаметы	$\underline{AB}$		$\underline{ab}$
F₁	$\frac{AB}{ab}$		
Фенотип	высокорослые, шаровидные плоды		

2) анализирующее скрещивание:

P	♀ $\frac{AB}{ab}$	×	♂ $\frac{ab}{ab}$
	высокорослые, шаровидные плоды		карликовые, грушевидные плоды
Гаметы	$\underline{AB}$	$\underline{ab}$	$\underline{Ab}$ $\underline{aB}$
	нерекомбинантные	рекомбинантные	
F_a	$\frac{AB}{ab}$	$\frac{ab}{ab}$	$\frac{Ab}{ab}$ $\frac{aB}{ab}$
	высокорослые, шаровидные плоды	карликовые, грушевидные плоды	высокорослые, грушевидные плоды карликовые, шаровидные плоды
	905	869	223 218

► Ответ. **P** ♀ $\frac{AB}{ab}$ × ♂ $\frac{ab}{ab}$

F_a $\frac{AB}{ab}$ $\frac{ab}{ab}$ $\frac{Ab}{ab}$ $\frac{aB}{ab}$

► Ответ. Наличие четырёх фенотипических классов объясняется сцепленным наследованием данных признаков.

Задача 3. В семье, где отец имел III (B) группу крови по системе АВ0, а мать — II (A) группу, родился ребёнок с I (0) группой крови. Определите генотипы родителей.

Решение.

1. Вспоминаем особенности наследования групп крови (см. табл. 2 на с. 112).

2. Так как возможны по два варианта генотипов со II и III группами крови, схему скрещивания записываем следующим образом:

Р	♀ $I^A _$	×	♂ $I^B _$
Гаметы	$I^A _$		$I^B _$
F₁	ii		

3. Из приведённой схемы скрещивания видим, что ребёнок получил от каждого из родителей рецессивные аллели i , следовательно, родители были гетерозиготными по генам группы крови.

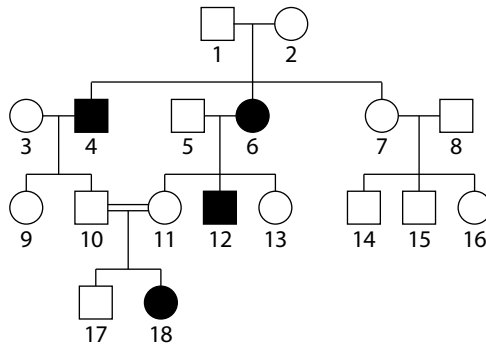
4. Дополняем схему скрещивания и проводим проверку наших предположений:

Р	♀ $I^A i$	×	♂ $I^B i$	
Гаметы	$I^A \quad i$		$I^B \quad i$	
F₁	$I^A I^B$	$I^A i$	$I^B i$	ii
Фенотип	IV (AB)	II (A)	III (B)	I (0)

Таким образом, наши предположения подтвердились.

► Ответ. Родители гетерозиготны по генам групп крови: генотип матери — $I^A i$, генотип отца — $I^B i$.

Задача 4. Проведите анализ родословной, приведённой на рисунке. Определите тип наследования признака, выделенного чёрным цветом (доминантный или рецессивный, сцеплен или не сцеплен с полом). Обоснуйте свою точку зрения. Определите генотипы родителей 1 и 2, потомков 4, 6, 7. Установите вероятность рождения у родителей 10 и 11 следующего ребёнка с исследуемым признаком.



Решение.

1. Определяем тип наследования признака: признак аутосомно-рецессивный, так как проявляется не в каждом поколении (у потомков с данным признаком родители могут не нести его), независимо от пола (больны и мужчины, и женщины).

2. Генотипы родителей: отец 1 — Aa , мать 2 — Aa , т. к. двое их детей имеют данный признак. Генотипы потомков: мальчик 4 — aa ; девочка 6 — aa ; девочка 7 — AA или Aa .

3. Определяем вероятность рождения у родителей 10 и 11 следующего ребёнка с данным признаком.

Генотипы обоих родителей — Aa , т. к. они не имеют данного признака, но один из их родителей гомозиготен по рецессивному признаку. В соответствии со II законом Менделя доля рецессивных гомозигот в потомстве двух гетерозигот составляет 25 % или $1/4$.

- Ответ. Признак аутосомно-рецессивный; генотип отца 1 — Aa , матери 2 — Aa , потомков 4, 6 и 7 — aa , aa и Aa соответственно; вероятность рождения у родителей 10 и 11 следующего ребёнка с данным признаком — 25 % или $1/4$.

Решите задачи

1. Каковы генотипы родителей, у которых все дочери имеют нормальное свёртывание крови, тогда как сыновья болеют гемофилией (гемофилия — сцепленное с полом рецессивное заболевание)?

2. Как наследуется мышечная дистрофия Дюшена, которая обуславливает постепенную потерю подвижности в подростковом возрасте, если у здоровых родителей родился сын с этой патологией, а брат матери также страдал этой формой дистрофии?

3. Отец и сын в семье кареглазые гемофилики, а мать имеет нормальную свёртываемость крови и голубоглазая. Можно ли сказать, что сын унаследовал свои признаки от отца?

4. У гороха при скрещивании стелющегося растения, имеющего белые цветки, с кустистым растением, обладающим окрашенными цветками, гибриды оказываются стелющимися с окрашенными цветками. В анализирующем скрещивании получено 122 стелющихся окрашенных, 380 стелющихся белых, 112 стелющихся окрашенных, 376 стелющихся белых, 118 кустистых белых, 390 кустистых окрашенных, 124 кустистых белых, 386 кустистых окрашенных. Определите генотипы родителей и потомства, полученного в результате первого и анализирующего скрещиваний. Составьте схему решения задачи. Объясните формирование четырёх фенотипических групп в анализирующем скрещивании.

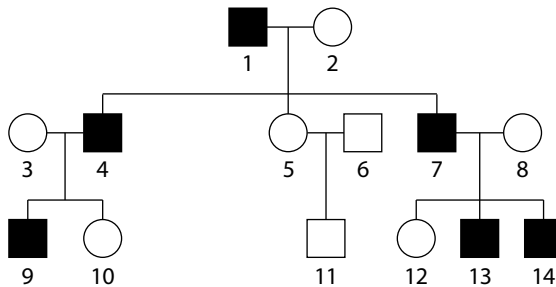
5. Скрещены две линии мышей: в одной из них животные имеют извитую шерсть нормальной длины, в другой — длинную прямую. Гибриды F_1 с нормальной прямой шерстью. В анализирующем скрещивании получено: 27 мышат с нормальной прямой шерстью, 99 — с нормальной извитой, 98 — с длинной прямой и 48 — с длинной извитой. Определите генотипы родителей и потомства, полученного в результате первого и анализирующего скрещиваний. Составьте схему решения задачи. Объясните формирование четырёх фенотипических групп в анализирующем скрещивании.

6. Красная окраска глаз у дрозофилы доминирует над белой, а нормальная форма крыла — над скомканной. При скрещивании дигетерозиготных самок дрозофилы с самцами, имеющими белые глаза и скомканные крылья, в потомстве появились следующие мухи: 699 — с красными глазами и нормальными крыльями, 707 — с белыми глазами и скомканными крыльями, 123 — с красными глазами и скомканными крыльями и 125 — с белыми глазами и нормальными крыльями. Составьте схему решения задачи. Объясните формирование четырёх фенотипических групп в анализирующем скрещивании.

7. У девочки — IV (AB) группа крови по системе AB0, у её матери — III (B), а у отца — II (A). Какова вероятность рождения в этой семье ребёнка с I (0) группой крови?

8. Какие группы крови могут быть у детей от брака родителей с I (0) и IV (AB) группами крови по системе AB0?

9. Проведите анализ родословной, приведённой на рисунке. Определите тип наследования признака, выделенного чёрным цветом (доминантный или рецессивный, сцеплен или не сцеплен с полом). Обоснуйте свою точку зрения. Определите генотипы родителей 1 и 2, потомков 4, 5, 7. Установите вероятность рождения у родителей 5 и 6 следующего ребёнка с исследуемым признаком.



3.7. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Основные понятия и термины

- ▮ **Изменчивость** — свойство организмов приобретать новые признаки в течение жизни.
- ▮ **Модификационная изменчивость (модификации)** — фенотипические изменения организма, не связанные с изменениями наследственного аппарата.
- ▮ **Норма реакции** — это диапазон фенотипических проявлений одного и того же генотипа в разных условиях среды.
- ▮ **Вариационный ряд** — последовательность количественных показателей состояния признака, расположенных в порядке их возрастания или убывания.
- ▮ **Вариационная кривая** — графическое отображение изменчивости признака, отражающее норму реакции и частоту встречаемости отдельных вариантов.
- ▮ **Комбинативная изменчивость** — форма наследственной изменчивости, обусловленная сочетанием генов, полученных от обоих родителей в процессе оплодотворения.
- ▮ **Мутационная изменчивость** — форма наследственной изменчивости, связанная с возникновением и проявлением мутаций.
- ▮ **Мутация** — внезапно возникающее изменение генетического материала, приводящее к изменению тех или иных наследственных задатков организма.
- ▮ **Полиплоидия** — увеличение количества хромосом на один и более гаплоидный набор хромосом.
- ▮ **Анеуплоидия** — изменение числа хромосом на некратное гаплоидному набору.
- ▮ **Мутагены** — факторы, вызывающие мутации.

Объяснение и важные примеры

Изменчивость является одним из важнейших свойств живых организмов. Различают наследственную, или генотипическую, и ненаследственную, или фенотипическую.

Наследственная изменчивость закрепляется в генотипе и передаётся в ряду поколений. Она является основой разнообразия живых организмов и эволюции в целом.

Ненаследственная изменчивость не связана с изменениями генотипа и не передаётся по наследству. К ней относится модификационная изменчивость.

3.7.1. Ненаследственная (модификационная) изменчивость

Модификации являются результатом взаимодействия генотипа и окружающей среды. Примеры модификационной изменчивости: разнолистность (рис. 64) у стрелолиста (надводные листья имеют традиционную стреловидную форму, плавающие — округлую, а подводные — удлинённую), окраска крыльев у бабочки пестрокрыльницы изменчивой, появление загара у человека и т. д. Модификации имеют приспособительное значение, например у стрелолиста лентовидный лист менее подвержен риску повреждения течением, а загар защищает организм человека от губительного действия ультрафиолетовых лучей.

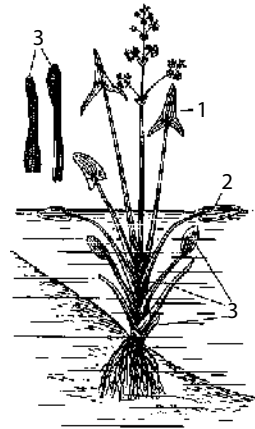


Рис. 64. Разнолистность стрелолиста обыкновенного: 1) воздушный, 2) плавающий, 3) подводный лист

3.7.2. Норма реакции

Модификационная изменчивость имеет определённые пределы проявления, обусловленные возможностями генотипа — *норму реакции*. Количественные признаки (удойность коров, урожайность пшеницы) имеют более широкую норму реакции, чем качественные признаки (цвет глаз, форма ушной раковины).

Исследовав конкретный признак у многих особей, можно построить его вариационный ряд (рис. 65) и вариационную кривую (рис. 66). Наиболее часто встречается среднее значение признака.

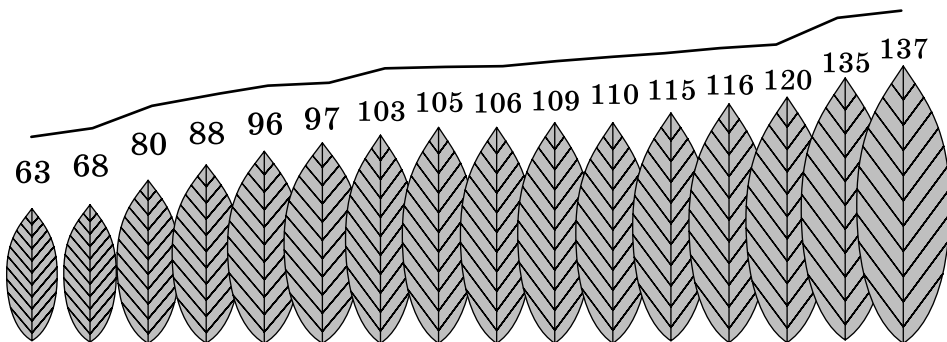


Рис. 65. Вариационный ряд листьев лавровишни

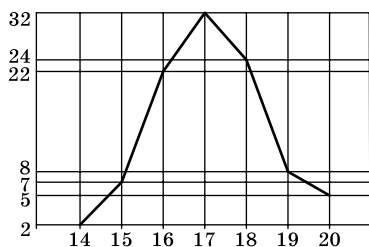


Рис. 66. Вариационная кривая количества колосков в колосе пшеницы

Норма реакции, по-видимому, сформировалась в процессе эволюции, поскольку в конкретных условиях среды выживали те организмы, фенотипические изменения которых способствовали их существованию, то есть норма реакции имеет приспособительный характер.

3.7.3. Наследственная изменчивость: мутационная, комбинативная

Наследственная изменчивость закрепляется в генотипе и передается потомкам. Она является основой разнообразия живых организмов и эволюции в целом. К наследственной изменчивости относят комбинативную и мутационную изменчивости.

Комбинативная изменчивость возникает как результат рекомбинации генов при кроссинговере, случайного расхождения хромосом в мейозе, а также случайной встречи гамет при оплодотворении. Генотипическое и фенотипическое разнообразие особей является результатом комбинативной изменчивости, поскольку только в этом процессе возникают уникальные сочетания генов и устанавливаются новые взаимодействия между ними, что в конечном итоге и определяет появление новых признаков и свойств организмов (рис. 67).



Рис. 67. Пример комбинативной изменчивости

3.7.4. Виды мутаций и их причины

Мутации классифицируют по различным параметрам.

По типу затронутых клеток мутации делят на *соматические* (в соматических клетках) и *генеративные* (в половых клетках). Генеративные мутации не отражаются на жизнедеятельности родительских особей, проявляясь только у потомков.

По влиянию на жизнеспособность организмов выделяют летальные, полuletальные и нейтральные мутации. *Летальные* мутации (хлорофильные мутации растений) вызывают гибель гомозиготного организма, *полuletальные*, или *сублетальные*, снижают жизнеспособность (серповидноклеточная анемия у человека), *нейтральные* мутации не влияют на их жизнеспособность.

По величине участка наследственной информации, который затрагивает мутация, выделяют генные, хромосомные и геномные мутации. *Генные*, или *точечные*, мутации связаны с перестановками, выпадением и вставками нуклеотидов в пределах одного гена. Многие генные мутации приводят к тяжёлым генным заболеваниям, таким как гемофилия, фенилкетонурия и др.

Хромосомные мутации (рис. 68) вызваны изменениями более крупных участков ДНК, затрагивающих несколько генов.

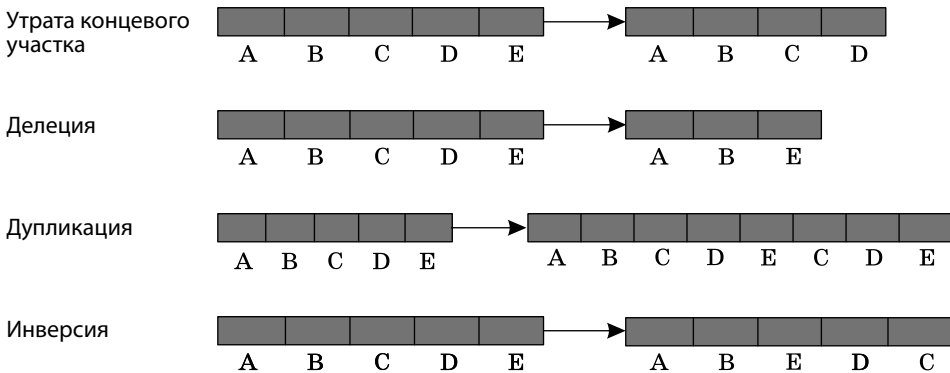


Рис. 68. Хромосомные мутации

Геномными называют мутации, связанные с изменением числа хромосом. К ним относят полиплоидию и анеуплоидию.

Полиплоидия чаще встречается у растений и простейших. В результате полиплоидии могут образоваться триплоиды ($3n$), тетраплоиды ($4n$), пентаплоиды ($5n$) и т. д.

Анеуплоидии у животных и человека вызывают тяжёлые нарушения состояние здоровья и уменьшение продолжительности жизни, например синдромы Дауна, Шерешевского — Тёрнера.

Мутации возникают спонтанно или под действием различных *мутагенов*. Мутагены бывают *физическими* (радиация, ультрафиолетовое излучение, повышенные температуры), *химическими* (органические растворители, тяжёлые металлы, многие лекарственные и наркотические препараты, алкоголь, никотин) и *биологическими* (вирусы, токсины бактерий, грибов и простейших).

3.7.5. Значение изменчивости в жизни организмов и в эволюции

Изменчивость играет важную роль в процессах индивидуального развития организмов и в их историческом развитии. Особое место в этом процессе занимают мутации, поскольку они могут оказаться в определённых условиях среды как полезными, так и вредными. Хромосомные и геномные мутации могут также привести к возникновению и закреплению новых благоприятных признаков, являющихся результатом взаимодействия генов.

Генные мутации обеспечивают появление новых аллелей в определённых локусах, что увеличивает гетерозиготность популяции, делает более разнообразным её генофонд и ведёт к усилению внутривидовой изменчивости. Мутационная изменчивость обеспечивает резерв выживаемости данного вида в меняющихся условиях среды.

Комбинативная изменчивость, с одной стороны, обеспечивает многообразие генотипов и фенотипов в популяциях, а с другой — вероятность повторения этих комбинаций в следующих поколениях ничтожно мала.

Модификационная изменчивость не наследуется, однако является своеобразной проверкой правильности выбранной стратегии адаптации к определённым условиям среды, и впоследствии возможно появление мутаций, которые бы закрепляли генетически лучшие варианты модификаций.

3.7.6. Значение генетики для медицины

Описано значительное число (более 6 000) наследственных болезней, которые затрагивают обмен веществ, приводят к нарушениям структуры тканей и органов, а также к психическим отклонениям. Развитие многих из них обусловлено влиянием факторов окружающей среды на реализацию генетических программ.

Определение носительства родителями генов наследственных болезней и ранняя диагностика этих заболеваний ещё до рождения ребёнка позволяет избежать тяжёлых последствий путём планирования семьи.

Профилактика многих заболеваний, в основе которой лежит исключение тех или иных веществ и продуктов из рациона питания, позволяет предотвратить аномальное развитие и даже гибель больного.

3.7.7. Наследственные болезни человека, их причины, профилактика

По характеру возникновения наследственные болезни человека делят на генные и хромосомные.

Генные болезни обусловлены наличием мутировавших генов в гаметах одного или обоих родителей. К генным заболеваниям относятся болезни обмена веществ (фенилкетонурия, альбинизм) и не связанные с ним аномалии (серповидноклеточная анемия, гемофилия).

Хромосомные болезни обусловлены хромосомными и геномными мутациями, например синдромы Дауна, Шерешевского — Тёрнера, Клайнфельтера.

Синдром Дауна (47, XX, +21 или 47, XY, +21) вызван наличием трёх хромосом в 21-й паре. Он сопровождается задержкой в развитии ребёнка и патологиями многих внутренних органов.

Синдром Шерешевского — Тёрнера (45, X0), обусловленный недостатком одной половой хромосомы, негативно сказывается на росте женщины, а также развитии её половой сферы и других органов.

Синдром Клайнфельтера связан с наличием лишней X-хромосомы в кариотипе (47, XXY). Больной — высокий мужчина с телосложением по женскому типу, патологиями развития половых органов и их функционирования.

Действенными мерами по снижению частоты наследственных заболеваний у человека являются защита окружающей среды от загрязнения, проверка поступающих на рынок продуктов питания, лекарственных препаратов и товаров бытового назначения на мутагенное и канцерогенное действие. Важным условием является отсутствие у родителей вредных привычек, а также медико-генетическое консультирование супругов.

3.7.8. Вредное влияние мутагенов на генетический аппарат клетки

Мутагены вызывают перестройки ДНК, подавляют активность ферментов её репарации, разрушают микротрубочки веретена деления и способствуют неправильному расхождению хромосом при митозе и мейозе. Возникшие мутации могут приводить к развитию у живущих особей раковых заболеваний, а у их потомков — наследственных заболеваний.

Особую опасность для окружающих представляет курение, поскольку большая часть вредных веществ (вызывающие рак канцерогенные соединения, тяжёлые металлы) оседает не в лёгких курильщика, а в лёгких других людей, которых называют «пассивными курильщиками».

3.7.9. Защита среды от загрязнения мутагенами

Загрязнение среды приводит к усилению процесса мутагенеза и к ухудшению состояния здоровья населения, что делает

актуальными вопросы очистки окружающей среды от загрязнения мутагенами. На государственном уровне устанавливаются предельные нормативы загрязнения вредными выбросами и отходами производства атмосферы, воды и почвы, а также значительные штрафные санкции за нарушение данных норм. В ряде стран мира вводятся ограничения на въезд в центр городов автомобилей и на курение в общественных местах, запрещается реклама продукции табачной и ликёро-водочной промышленности, проводятся интенсивные агитационные кампании по борьбе с курением и употреблением наркотиков. Продукция, поступающая на рынок, проверяется на соответствие установленным нормам содержания вредных веществ и изымается из продажи в случае нарушения данных норм. Контролируется и уровень загрязнения воды, атмосферы и почвы в крупных городах.

3.7.10. Выявление источников мутагенов в окружающей среде (косвенно) и оценка возможных последствий их влияния на организм человека

Существует три основных пути проникновения мутагенов в тело человека: через дыхательные пути с воздухом, через пищеварительную систему с водой и пищей, а также через кожу. В связи с этим можно провести поиск источников мутагенов по тем средам, которые они загрязняют: воздух, вода и почва.

Загрязнение атмосферы осуществляется в основном автотранспортом и промышленными предприятиями. Его можно обнаружить по угнетению растительности вдоль автодорог, по быстро образующемуся слою пыли на окружающих предметах, по неприятному запаху. Определённую трудность в идентификации представляют некоторые источники ионизирующего и других видов излучения, например, электромагнитного (станции мобильной связи, мобильные телефоны, мониторы телевизоров и компьютеров и т. д.), однако, например, в районе высоковольтных линий зачастую наблюдается либо угнетение, либо усиленный рост растений. Существенную угрозу жизни и здоровью окружающих представляют также и курильщики, поскольку табачный дым содержит химические мутагены, вызывающие рак.

В зависимости от выявленных источников загрязнения определяют характер загрязнения и его степень, что может служить основанием для прогноза развития различных заболеваний (респираторных, аллергических, раковых и др.), а также мутагенного эффекта.

Типовые задания



Зигота млекопитающих, образовавшаяся в результате слияния нормальной гаметы и гаметы, возникшей вследствие нерасхождения одной из хромосом, скорее всего, будет

- 1) диплоидной
- 2) анеуплоидной
- 3) гаплоидной
- 4) полиплоидной

► Ответ. 2.



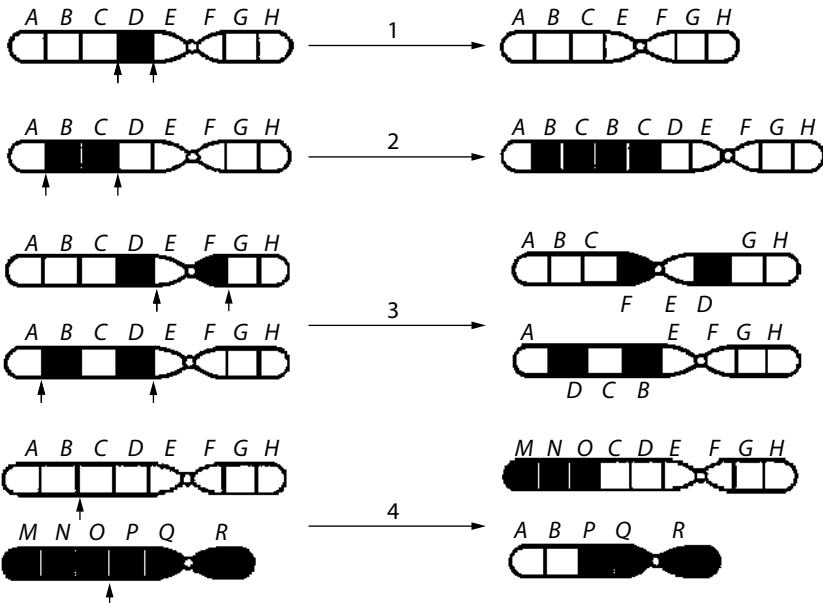
Узкая норма реакции характерна для такого признака, как

- 1) количество пальцев на конечностях
- 2) число эритроцитов в 1 мм^3 крови
- 3) масса тела человека
- 4) показатели артериального давления

► Ответ. 1.



Определите типы мутаций, представленные на схеме:



- А) транслокация
- Б) дупликация
- В) делеция
- Г) инверсия

► Ответ.

А	Б	В	Г
4	2	1	3

3.8. СЕЛЕКЦИЯ, ЕЁ ЗАДАЧИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Основные понятия и термины

- ▶ **Селекция** — наука о методах создания пород домашних животных, сортов культурных растений и штаммов микроорганизмов с нужными человеку свойствами; процесс изменения живых организмов, осуществляемый человеком для своих потребностей.
- ▶ **Порода** (сорт, штамм, чистая линия) — группа организмов, искусственно созданная человеком и характеризующаяся специфическим генофондом, наследственно закреплёнными морфологическими и физиологическими признаками, определённым уровнем и характером продуктивности.
- ▶ **Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости:** генетически близкие виды и роды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов.
- ▶ **Гибридизация** — процесс образования или получения гибридов, в основе которого лежит объединение генетического материала разных клеток в одной клетке.
- ▶ **Гетерозис** — явление повышения жизнеспособности и продуктивности у гибридов первого поколения по сравнению с исходными родительскими формами.
- ▶ **Искусственный отбор** — процесс создания новых пород животных и сортов культурных растений путём систематического сохранения и размножения особей с определёнными, ценными для человека признаками и свойствами в ряду поколений.
- ▶ **Биотехнология** — применение биологических процессов и использование живых организмов в промышленности, медицине, сельском хозяйстве и других отраслях человеческой деятельности.
- ▶ **Клеточная инженерия** — метод конструирования клеток нового типа на основе их культивирования на питательной среде, гибридизации и реконструкции.
- ▶ **Генная инженерия** — конструирование генетических структур по заранее намеченному плану, создание организмов с новой генетической программой.
- ▶ **Клонирование** — получение многочисленных копий гена, белка, клетки или организма.

Объяснение и важные примеры

Основной задачей селекции является повышение продуктивности сортов растений и пород животных. Достижения селекции пшеницы позволили осуществить «зелёную» революцию в середине XX века в Мексике, когда традиционные сорта были заменены новыми, и тем самым решить продовольственную проблему.

3.8.1. Методы селекции и их генетические основы

Первым этапом селекции было *одомашнивание* (доместикация) около 150 видов растений и около 20 видов животных. Основные методы (этапы) селекции — *гибридизация и искусственный отбор*.

Для достижения результата в процессе гибридизации особое внимание уделяется подбору родительских пар. В селекции растений подбор ведётся по определённым признакам с учётом генетической и географической удалённости; в селекции животных — только по хозяйственно ценным признакам, которые определяют по экстерьеру, родословной и потомству.

Выделяют родственную и неродственную гибридизации. Родственное скрещивание, или *инбридинг*, приводит к появлению чистых линий, но при этом снижается жизнеспособность потомства вследствие перехода различных летальных и полуметальных генов в гомозиготное состояние.

Неродственное скрещивание, или *аутбридинг*, бывает внутривидовым и межвидовым (в т. ч. отдалённая гибридизация). Аутбридинг в первом поколении даёт эффект гетерозиса.

Гетерозис объясняется благоприятным сочетанием родительских генов, а также переходом сублетальных и летальных аллелей в гетерозиготное состояние. Во втором и последующих поколениях эффект гетерозиса ослабевает.

В *искусственном отборе* выделяют две формы: *бессознательный*, ведущийся без определённого плана, и *методический*, производимый с определённой целью. Последний применяется в форме *массового* и *индивидуального* отбора. Массовый отбор является эффективным при высокой наследуемости признака (используется в селекции растений и микроорганизмов). При индивидуальном отборе учитываются не только продуктивность и иные качества организма, но и наследование данного признака в ряду поколений.

Теорию искусственного отбора создал английский учёный Ч. Дарвин.

3.8.2. Вклад Н. И. Вавилова в развитие селекции

Выдающийся русский генетик и селекционер Н. И. Вавилов определил семь центров происхождения культурных растений (табл. 3), собрал мировую коллекцию культурных растений Всероссийского института растениеводства (г. Санкт-Петербург), сформулировал *закон гомологических рядов в наследственной изменчивости*.

Таблица 3

Центры происхождения культурных растений

Название центра	Географическое положение	Примеры культурных растений
Южно-азиатский тропический	Тропическая Индия, Индокитай, Южный Китай, о-ва Юго-Восточной Азии	Рис, сахарный тростник, цитрусовые, огурец, баклажан, чёрный перец и др. (50 % культурных растений)
Восточно-азиатский	Центральный и Восточный Китай, Япония, Корея, Тайвань	Соя, просо, гречиха, плодовые и овощные культуры: слива, вишня, редька и др. (20 % культурных растений)
Юго-Западно-азиатский	Малая Азия, Средняя Азия, Иран, Афганистан, Юго-Западная Индия	Пшеница, рожь, бобовые культуры, лён, конопля, репа, морковь, чеснок, виноград, абрикос, груша и др. (14 % культурных растений)
Средиземно-морский	Страны Средиземно-морского бассейна	Капуста, сахарная свёкла, клевер, маслины, чечевица, кормовые травы (11 % культурных растений)
Абиссинский	Абиссинское нагорье Африки	Твёрдая пшеница, ячмень, кофейное дерево, сорго, бананы
Центрально-американский	Южная Мексика	Кукуруза, длинноволокнистый хлопчатник, какао, тыква, табак
Южно-американский	Южная Америка вдоль западного побережья	Картофель, ананас, хинное дерево

Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости объясняет направленность исторического развития родственных групп организмов.

3.8.3. Роль клеточной теории в становлении и развитии биотехнологии

Создание клеточной теории позволило связать наследственность и изменчивость с их материальной основой — ДНК, а также определить, что клетка является единицей строения, жизнедеятельности и развития живых организмов. Поэтому дальнейшее внимание исследователей в области биотехнологии было сосредоточено именно на клетке как основном объекте. Уже в середине XX века были получены первые растения, выращенные из отдельных клеток на питательной среде, а в 1973 году родился первый «ребёнок из пробирки». Операции с клетками (генная и клеточная инженерия) позволили клонировать сначала холоднокровных животных, а затем и млекопитающих.

3.8.4. Методы выведения новых сортов растений, пород животных, штаммов микроорганизмов

Помимо гибридизации и искусственного отбора, на современном этапе развития селекции широко используются также *искусственный мутагенез, методы биотехнологии, клеточной и генной инженерии, клонирование*.

Искусственным, или экспериментальным, мутагенезом называют получение мутаций с помощью физических или химических агентов (рентгеновского излучения).

В селекции растений широко применяются различные формы гибридизации и искусственного отбора. Однако гибриды довольно часто являются бесплодными, и поэтому их либо каждый раз получают заново, либо размножают вегетативно.

В плодоводстве и декоративном цветоводстве используют методы И. В. Мичурина: методов ментора, вегетативного сближения, смеси пыльцы и др. Например, метод ментора благодаря сочетанию свойств привоя и подвоя позволил учёному вывести сорт груши Бере зимняя.

В селекции животных на определённых стадиях селекционного процесса прибегают к инбридингу. Более широко распространённый в животноводстве аутбридинг может давать эффект гетерозиса, но при межвидовой гибридизации гибриды в основном бесплодны.

В селекции микроорганизмов используют искусственный мутагенез и различные формы переноса наследственной информации, в том числе с помощью бактериофагов.

3.8.5. Значение генетики для селекции

Генетика является теоретической основой селекции. Опираясь на частную генетику различных объектов, селекционеры подбирают исходный материал для создания новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. При этом не только используются уже имеющиеся наследственные признаки, но и создаются новые благодаря применению метода искусственного мутагенеза, а также вносятся новые гены с помощью методов биотехнологии. Не утрачивает своего значения и явление гетерозиса.

Значительную роль методы искусственного мутагенеза, клеточной и генной инженерии сыграли в выведении новых штаммов микроорганизмов, продуцирующих антибиотики, витамины, гормон роста человека, инсулин и др., а также в создании новых сортов растений и животных с изменёнными свойствами — генетически модифицированных организмов.

3.8.6. Биологические основы выращивания культурных растений и домашних животных

Для достижения генетически запрограммированной продуктивности сельскохозяйственные растения и животные нуждаются в создании оптимальных условий. В первую очередь растениям необходима соответствующая интенсивность освещения, которая обеспечивает протекание процессов фотосинтеза, однако если пшеница требует высокой интенсивности света, то кофейные деревья необходимо выращивать в тени. Не менее существенным фактором является и достаточное количество влаги в почве, что можно обеспечить в основном благодаря созданию оросительных систем, хотя в настоящее время всё чаще прибегают к капельному поливу. Ещё одним важным условием повышения урожайности сельскохозяйственных культур является обеспечение их элементами минерального питания. Растения и животные должны быть также устойчивы к изменениям условий окружающей среды, вредителям и возбудителям заболеваний. Эта задача решается как средствами традиционной селекции, так и биологическими методами борьбы с вредителями, биотехнологическими методами.

3.8.7. Биотехнология, её направления

Биологические процессы издавна используются человеком в хлебопечении, сыроварении, виноделии, пивоварении и других отраслях деятельности человека. В настоящее время прогресс в области биотехнологии тесно связан с применением методов генной и клеточной инженерии, а также клонированием.

Основные направления биотехнологии — получение продуктов питания, кормовых добавок и ценных кормовых белков, лекарственных препаратов и средств диагностики, биотоплива, борьба с загрязнением окружающей среды, защита растений от вредителей и болезней, создание штаммов микроорганизмов, сортов растений и пород животных с новыми полезными свойствами.

Различные штаммы дрожжей используются в хлебопекарской и кондитерской промышленности, в производстве биотоплива (био-дизеля). Другие грибы продуцируют антибиотики и лимонную кислоту, а вместе с бактериями — кефир, сыры и т. д.

Бактерии синтезируют в промышленных масштабах витамины, гормоны и ферменты, например, кишечная палочка *Escherichia coli* — гормон инсулин. Уже выведены штаммы бактерий, способные разлагать пластмассы и полиэтилен. В процессе расщепления органических остатков бактерии могут выделять и горючие газы, в том числе метан, что легло в основу технологий получения биогаза из отходов растениеводства и животноводства.

Бактерии, грибы и вирусы способны эффективно бороться с вредителями сельского и лесного хозяйства, а также с возбудителями и переносчиками заболеваний, поэтому их штаммы используют для приготовления биопрепаратов. Преимущество таких биологических методов борьбы состоит в их безвредности для других организмов и окружающей среды.

3.8.8. Клеточная инженерия, клонирование

Клеточная инженерия заключается во введении в клетки новых хромосом, ядра и других клеточных структур. Её достижения нашли широкое применение в растениеводстве, селекции и медицине, например, искусственное оплодотворение.

Генная инженерия, как правило, сводится к переносу необходимых генов от одного вида живых организмов к другому, зачастую очень далекому по происхождению. Сначала нужные гены выделяют из клеток бактерий, растений или животных, затем встраивают их в генетический вектор (плазмиду, вирус, хромосомы митохондрий

и пластид) и вводят в клетки потенциального хозяина. Процесс введения чужеродного гена в ДНК клетки-реципиента называется *трансформацией*. После размножения *генетически модифицированные организмы* сохраняют и размножают, а остальные уничтожают.

Клонирование генов чаще всего осуществляется с помощью бактерий и вирусов.

Клонирование растений никогда не представляло значительной трудности, поскольку клетки растений тотипотентны, т. е. из одной клетки можно восстановить целый организм.

Первым клонированным млекопитающим была овца Долли (1997). Для клонирования были взяты клетки молочной железы её генетической матери и яйцеклетки суррогатной матери. Ядра яйцеклеток удалялись, а на их место вводились ядра клеток молочной железы. После стимуляции развития зиготы и непродолжительного культивирования на питательной среде делящийся зародыш вводили в матку суррогатной матери.

Заманчивые перспективы перед человечеством открываются в области терапевтического клонирования — воспроизведения отдельных органов. Так, в настоящее время широко используются клонированная кожа, клетки соединительной ткани и другие части организма.

3.8.9. Значение биотехнологии для развития селекции, сельского хозяйства, микробиологической промышленности, сохранения генофонда планеты

Прогресс биотехнологии позволил совершить прорыв во многих отраслях человеческой деятельности. Появились возможности изменения свойств организмов и ускорения процесса их создания. Перенос в растения бактериальных генов устойчивости к поеданию насекомыми и поражению вирусами, а также генов способности расти на бедных или загрязнённых почвах способствует решению продовольственной проблемы, особенно в странах с быстрорастущим населением.

Клонирование животных с генетически изменёнными признаками и свойствами позволяет вывести более продуктивные породы и добиться их быстрого размножения, но этот процесс пока ещё слишком трудоёмок и дорог, чтобы применяться в промышленном масштабе.

Трансформация бактерий позволяет использовать новые штаммы для получения биологически активных веществ и для очистки сточных вод, ликвидации нефтяных разливов, получения цветных металлов, биогаза и др.

В будущем возможно использование клонирования для восстановления исчезнувших видов и возобновления природных популяций исчезающих видов.

3.8.10. Этические аспекты развития некоторых исследований в биотехнологии (клонирование человека, направленные изменения генома)

Расширение сферы влияния биотехнологии, с одной стороны, преследует благородные цели, поскольку с её помощью стало возможным преодоление бесплодия, лечение многих наследственных и приобретённых заболеваний, а также решение продовольственных и экологических проблем современности. С другой стороны, активное вторжение современных технологий в медицину не может не настораживать, поскольку это сопряжено с операциями с клетками и тканями человека, например, не исключено клонирование каких-либо известных личностей. Применение генных технологий в создании новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов, по некоторым данным, может вызвать бесплодие у человека и животных, неконтролируемое распространение ряда генов (например, рака), стимулировать появление сверхустойчивых к химическим и биологическим средствам борьбы сорняков.

Сравнительно слабая изученность проблем клонирования и применения генных технологий заставляет многие правительства принимать решения по ограничению сферы их применения и специальной маркировке продуктов питания, полученных таким способом, с целью информирования.

Типовые задания



Культурная слива ($2n = 48$) является межвидовым гибридом тёрна ($2n = 32$) и алычи ($2n = 16$). Это стало возможным вследствие

- 1) модификации
- 2) генной мутации
- 3) хромосомной мутации
- 4) геномной мутации

► Ответ. 4.



Селекция позволяет создать новые

- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1) виды животных | 3) сорта растений |
| 2) роды грибов | 4) семейства бактерий |

► Ответ. 3.

ЕГЭ

Установите последовательность операций в процессе генетической трансформации организма. Запишите соответствующую последовательность **цифр**.

- 1) встраивание участка молекулы ДНК в генетический вектор
- 2) отбор организмов-реципиентов с желаемыми свойствами
- 3) размножение организмов-реципиентов
- 4) выделение необходимого гена в геноме организма-донора или его искусственный синтез
- 5) клонирование переносимого гена

► Ответ. 45132.

4. ОСНОВЫ СИСТЕМАТИКИ

Основные понятия и термины

- ▶ **Систематика (таксономия)** — наука об описании и обозначении всех существующих и вымерших видов организмов, их классификации по различным группам.
- ▶ **Таксон (систематическая категория)** — группа организмов, связанных определённой степенью родства, и обособленная от других подобных групп.
- ▶ **Основные таксоны:** вид, род, семейство, отряд (порядок), класс, тип (отдел), царство.
- ▶ **Вид** — группа особей с общими морфофизиологическими, физиолого-биохимическими, эколого-географическими и генетическими признаками, которые свободно скрещиваются между собой и дают плодовитое потомство.
- ▶ **Бинарная, или биномиальная, номенклатура** — способ обозначения видов сочетанием двух названий (биноменом), первое из которых соответствует имени рода, а второе — вида (видовой эпитет). Например, лат. *Musca domestica* (*Муха* комнатная).

Объяснение и важные примеры

В настоящее время на Земле известно около 2 млн видов живых организмов (по некоторым оценкам, общее количество видов может достигать 5–10 млн). Современная систематика стремится к созданию естественной, или филогенетической, системы организмов, которая учитывает не только существенные признаки, объединяющие живые существа в более или менее крупные группы, но и общность происхождения.

4.1. ВКЛАД К. ЛИННЕЯ И Ж.-Б. ЛАМАРКА В РАЗВИТИЕ СИСТЕМАТИКИ

Систематика как наука сформировалась благодаря трудам шведского учёного К. Линнея (1707–1778). Он привёл в порядок ботаническую терминологию, применяемую для описания растений, а также ввёл *бинарную*, или *биномиальную номенклатуру*. К. Линней описал и дал названия примерно 10 тыс. видам растений и более чем 4 тыс. видам животных, внёс существенный вклад в разработку понятия «вид», который рассматривал как группу сходных между собой особей, дающих плодовитое потомство, установил строгую соподчинённость систематических групп: *класс — порядок — род — вид — разновидность*. Система царства растений К. Линнея была несовершенной, потому что для классификации он использовал только отдельные признаки растений, не принимая в расчёт остальные, но впоследствии она была существенно доработана и используется по сей день. Классификация животных К. Линнея была неудачной, так как в ней выделялось всего два класса, и киты попадали в одну группу с рыбами, а черви — со змеями.

Ж.-Б. Ламарк (1744–1829) разделил животных на беспозвоночных и позвоночных и выделил 10 классов. Кроме того, он построил первую естественную систему животного мира, расположив в ней систематические группы по принципу усложнения организации, приблизившись тем самым к пониманию эволюции органического мира.

4.2. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ (ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ) КАТЕГОРИИ; ИХ СОПОДЧИНЕННОСТЬ

Виды объединяются в *роды*, *роды* — в *семейства*, *семейства* — в *отряды* (у животных) или *порядки* (у растений). *Отряды* или *порядки* входят в состав *классов*. Из *классов* состоят *типы* (у животных) или *отделы* (у растений). Эти крупные группы организмов объединяются в *царства*. Также используются промежуточные категории, обозначаемые приставками *над-*, *под-* и т. д. (*надцарство*, *подцарство* и т. д.).

Вид — единственный таксон, реально существующий в природе. Вид является таксоном низшего ранга, а царство — высшего. До настоящего времени нет устоявшейся точки зрения на количество царств живой природы, их могут выделять от 4 до 22. Обобщая представления о живых организмах, их клеточном строении и особенностях жизнедеятельности, можно выделить по крайней мере четыре

царства — бактерий, растений, грибов и животных, относящихся к двум надцарствам — Прокариоты и Эукариоты (рис. 69).

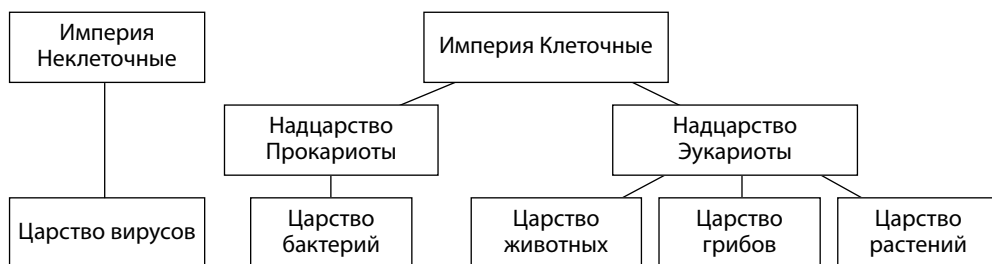


Рис. 69. Система органического мира

Не совсем ясно положение вирусов в системе органического мира, так как они не имеют клеточного строения, однако их предлагают выделить в отдельное царство вирусов, относящееся к империи Неклеточные, тогда как все остальные организмы будут относиться к империи Клеточные. В общем виде современную систему органического мира можно представить схематически или в виде родословного (филогенетического) дерева, ветви которого соответствуют различным таксонам, а их взаимное расположение отражает родственные связи между этими таксонами.

Типовые задания



Раздел биологии, задачей которого является описание и обозначение всех существующих и вымерших видов организмов, а также их классификация по различным группам, —

- 1) генетика
- 2) систематика
- 3) ботаника
- 4) геномика

► Ответ. 2.



Кто из учёных описал около 10 тыс. видов растений и 4 тыс. видов животных, внёс существенный вклад в разработку понятия «вид», установил строгую соподчинённость систематических групп, ввёл использование названий видов из двух слов?

- 1) Ч. Дарвин
- 2) Ж.-Б. Ламарк
- 3) К. Линней
- 4) Г. Мендель

► Ответ. 3.

ЕГЭ

Установите последовательность расположения таксономических названий. Запишите соответствующую последовательность **цифр** от наименьшего таксона к большему.

- 1) Бобовые
 - 2) Горох
 - 3) Двудольные
 - 4) Покрытосеменные
 - 5) Горох посевной
- Ответ. 52134.

4.3. ВИРУСЫ — НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ

Основные понятия и термины

- **Вирусы** — неклеточные возбудители заболеваний, способные размножаться только внутри живых клеток организма-хозяина.
- **Вирусология** — наука о вирусах.
- **Бактериофаги** — вирусы бактерий.
- **Капсид** — белковая оболочка вируса, собранная из субъединиц белка — капсомеров.
- **Суперкапсид** — липопротеиновая мембрана поверх капсида сложных вирусов.

Объяснение и важные примеры

4.3.1. Строение и классификация вирусов

Первый вирус — табачной мозаики (ВТМ) — был открыт русским учёным Д. И. Ивановским (1892). Единственное свойство живого — воспроизведение — вирусы проявляют только в клетках.

Вирусы существуют в двух формах: *покоящейся*, или *внеклеточной*, и *воспроизводящейся*, или *внутриклеточной*. Свободноживущих вирусов не существует, все они внутриклеточные паразиты на генетическом уровне.

Вирусы классифицируют по объектам поражения, форме и другим признакам, однако наиболее распространённой является классификация по особенностям химического состава и строения вирусов.

Вирусы делят на *собственно вирусы* и *бактериофаги*. Первые являются паразитами эукариотических клеток (животных, растений и грибов), а вторые — бактерий.

Вирусы состоят только из органических веществ — нуклеиновых кислот и белка, однако часть вирусов содержит также липиды и углеводы.

Все вирусы условно делят на *простые* и *сложные*. Простые вирусы состоят из *нуклеиновой кислоты* и *капсида* (рис. 70). У сложных вирусов имеются *нуклеиновая кислота*, *капсид* и *суперкапсид*.

Интересное строение имеют *бактериофаги*, у которых выделяют *головку* и *хвост*, или отросток. Головка бактериофага образована белковым капсидом и заключённой в неё нуклеиновой кислотой. В хвосте различают белковый чехол и полый стержень внутри него. В нижней части стержня имеется специальная пластинка с шипами и нитями, ответственными за взаимодействие бактериофага с поверхностью клетки (рис. 71).

Вирусы могут содержать только один вид нуклеиновой кислоты, поэтому их делят на ДНК-содержащие (вирусы оспы, простого герпеса, некоторые вирусы гепатита и бактериофаги) и РНК-содержащие (ВТМ, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), энцефалита, кори, краснухи, бешенства, гриппа, остальные вирусы гепатита, бактериофаги и др.). Молекулы ДНК и РНК вирусов могут быть и одноцепочечными, и двухцепочечными.

4.3.2. Воспроизведение вирусов

В организм человека вирусы попадают воздушно-капельным путём (вирус гриппа), через пищеварительную систему (вирусы гепатитов), кровь (ВИЧ) или посредством переносчика (вирус энцефалита).

Заражение клетки происходит при непосредственном контакте вируса с ней. В клетки животных вирусы попадают путём эндоцитоза, растений и грибов — через повреждения клеточной стенки и из соседних клеток, а бактериофаги пробивают клеточную стенку бактерий и впрыскивают внутрь свою нуклеиновую кислоту (рис. 71). Большинство вирусов специализируются на конкретных видах клеток, например, вирусы гепатита поражают клетки печени.

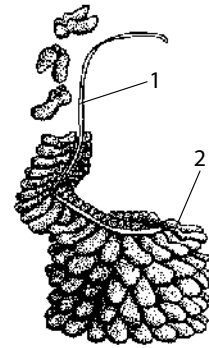


Рис. 70. Вирус табачной мозаики:
1 — РНК;
2 — белковый капсид

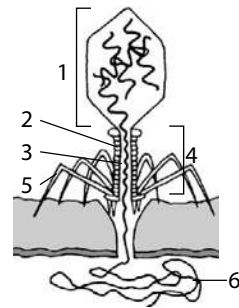


Рис. 71. Введение бактериофагом своей нуклеиновой кислоты в цитоплазму клетки-хозяина:
1 — головка;
2 — чехол;
3 — стержень;
4 — хвост;
5 — концевые нити;
6 — нуклеиновая кислота бактериофага

Проникнув в клетку, вирусы утрачивают капсид. Дальнейшие события зависят от характера нуклеиновой кислоты вируса: ДНК-содержащие вирусы встраивают свою ДНК в геном клетки-хозяина (бактериофаги), а на РНК либо сначала синтезируется ДНК, которая затем встраивается в геном клетки-хозяина (ВИЧ), либо на ней может непосредственно происходить синтез белка (вирус гриппа). Воспроизведение нуклеиновой кислоты вируса и синтез белков капсида с использованием белоксинтезирующего аппарата клетки являются обязательными компонентами вирусной инфекции, после чего происходят самосборка вирусных частиц и их выход из клетки. Вирусные частицы в одних случаях покидают клетку, постепенно отпочковываясь от неё, а в других случаях выход сопровождается разрывом и гибелью клетки.

Вирусы вызывают заболевания человека, животных, растений, грибов и бактерий. Одним из наиболее опасных является ВИЧ, который поражает Т4-лимфоциты, координирующие работу всей иммунной системы. Первые стадии ВИЧ-инфекции бессимптомны, лишь на последней — СПИДе (синдром приобретённого иммунодефицита) — происходит полная потеря иммунитета организма ко всем возбудителям заболеваний.

Однако инфицирование способно повышать устойчивость организма к разнообразным возбудителям заболеваний (иммунитет) и таким образом способствовать их эволюционному прогрессу. Кроме того, вирусы способны «прихватывать» части генетической информации клетки-хозяина и переносить их следующей жертве, обеспечивая тем самым так называемый горизонтальный перенос генов, образование мутаций и в конце концов поставку материала для процесса эволюции.

В наше время вирусы широко используют в изучении строения и функций генетического аппарата, а также механизмов реализации наследственной информации, они применяются как инструмент генетической инженерии и биологической борьбы с возбудителями некоторых заболеваний растений, грибов, животных и человека.

4.3.3. Меры профилактики распространения вирусных заболеваний

Основным средством профилактики вирусных заболеваний у человека является ношение марлевых повязок при контакте с больными заболеваниями дыхательных путей, мытьё рук, овощей и фруктов, протравливание мест обитания переносчиков вирусных заболеваний, вакцинация от клещевого энцефалита, стерилизация медицинских

инструментов в лечебных учреждениях и др. Во избежание заражения ВИЧ следует также отказаться от употребления наркотиков и алкоголя, иметь постоянного полового партнёра, использовать индивидуальные средства защиты при половых контактах.

Типовые задания



Капсид простого вируса состоит из

- 1) белка
- 2) липидов
- 3) нуклеиновых кислот
- 4) углеводов

► Ответ. 1.



Установите соответствие между вирусом и типом нуклеиновой кислоты, содержащейся в нем: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ВИРУС

- А) оспы
- Б) гриппа
- В) герпеса
- Г) краснухи
- Д) полиомиелита

НУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА

- 1) ДНК
- 2) РНК

► Ответ.

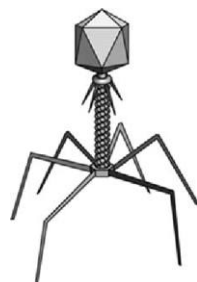
А	Б	В	Г	Д
1	2	1	2	2



Все перечисленные ниже признаки, кроме двух, используются для описания изображённого на рисунке объекта. Определите два признака, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) поражает клетки бактерий
- 2) вызывает мозаичную болезнь табака
- 3) проявляет признаки живого только внутри клетки хозяина
- 4) способен к размножению вне клетки
- 5) внутриклеточный паразит

► Ответ. 24.



4.4. ЦАРСТВО БАКТЕРИЙ

Основные понятия и термины

- ▶ **Бактерии** — в основном одноклеточные прокариотические организмы.
- ▶ **Компоненты бактериальной клетки:** нуклеоид, цитоплазма, поверхностный аппарат (плазмалемма, клеточная стенка с муреином и капсула).
- ▶ **Нуклеоид** — участок цитоплазмы прокариотической клетки, в котором содержится кольцевая ДНК.
- ▶ **Плазмиды** — небольшие молекулы ДНК в цитоплазме бактерий, способные встраиваться в хромосому.
- ▶ **Бактериозы** — заболевания, вызываемые паразитическими бактериями.

Объяснение и важные примеры

Впервые бактерии были описаны в XVII веке голландским натуралистом А. ван Левенгуком.

4.4.1. Строение бактерий

Средние размеры клетки бактерий составляют 0,5–10 мкм. Клетка бактерий (рис. 72 А) окружена *плазмалеммой*, поверх которой чаще всего расположены *клеточная стенка* и *капсула*, или облако слизи. Основу клеточной стенки большинства бактерий составляет *муреин*. Многие бактерии имеют органоиды движения — *жгутики*. Компоненты поверхностного аппарата защищают бактериальную клетку от воздействия факторов окружающей среды, в том числе

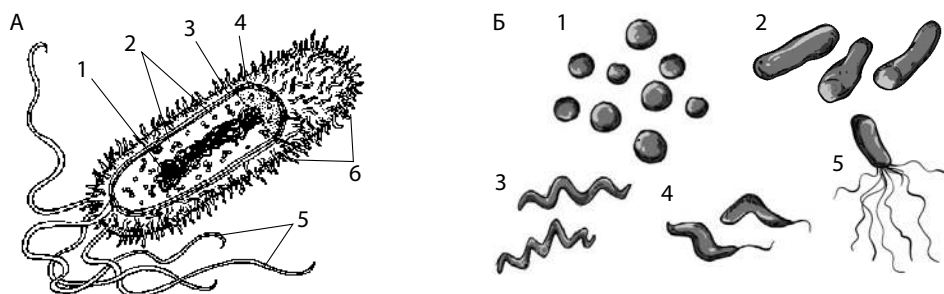


Рис. 72. Строение и морфологические формы бактерий:

А — строение бактерии: 1 — нуклеоид; 2 — рибосомы; 3 — плазмалемма; 4 — клеточная стенка; 5 — жгутики; 6 — ворсинки. Б — морфологические формы бактерий: 1 — кокки; 2 — бациллы; 3 — спирохеты; 4 — спиралла; 5 — вибрион.

от проникновения бактериофагов, придают ей форму и объединяют клетки в колонии.

Наследственная информация прокариотической клетки записана в *кольцевой молекуле ДНК*, реже могут иметься дополнительные маленькие молекулы ДНК — *плазмиды*. Кольцевая молекула ДНК, или бактериальная хромосома, не отделена от цитоплазмы мембраной и расположена в *нуклеоиде*. Органоиды бактерий представлены *рибосомами*, на которых происходит синтез белков. Запасные вещества бактерий чаще всего откладываются в виде зёрен крахмала или гликогена, капель жира и гранул волютина.

В зависимости от формы клетки бактерии делят на *кокки* (сферические), *бациллы* (палочковидные), *спириллы* (спиральные), *вибрионы* (имеющие вид запятой), *спирохеты* (тонкие, длинные и извитые, способные к движению) (рис. 72 Б).

Колонии бактерий-кокков, напоминающие «виноградные гроздья», называются *стафилококками*, а вытянутые цепочками или расположенные попарно — *стрептококками*.

Большинство бактерий имеют палочковидную форму, например дизентерийная, ботулиническая, дифтерийная, чумная, сибиреязвенная и столбнячная палочки, сальмонеллы, азотфиксирующие клубеньковые бактерии и др. Реже это могут быть вибрионы (холерный вибрион), а также спирохеты (возбудители сифилиса) или кокки (возбудители гонореи).

Большинство бактерий представлены одиночными клетками или колониальными формами, но среди цианобактерий есть многоклеточные формы, у которых клетки могут различаться по строению и выполняемым функциям.

4.4.2. Жизнедеятельность бактерий

По способу питания бактерии относят к гетеротрофам или автотрофам.

Среди гетеротрофных бактерий есть сапротрофы (например, молочнокислые бактерии), паразиты и мутуалисты. *Паразитические бактерии* вызывают многочисленные заболевания — *бактериозы*, например чуму, холеру, туберкулёз, пневмонию и др. *Мутуалисты* защищают организм хозяина от болезнетворных бактерий, могут синтезировать витамины. У человека живут на коже и слизистых оболочках, а также в кишечнике. *Симбиотические клубеньковые бактерии*, живущие на корнях растений, связывают атмосферный азот в доступной для растений форме, а взамен получают от растений органические вещества.

Автотрофные бактерии получают энергию за счёт фотосинтеза или хемосинтеза. Большинство фотосинтезирующих бактерий относится к *цианобактериям*, или *синезелёным водорослям*, которые представлены свободноживущими формами (спирулина, носток), компонентами лишайников и мутуалистами, как анабена, образующая симбиоз с водным папоротником азоллой. Автотрофные хемосинтетики используют в качестве источника энергии соединения серы, железа, азота и др.

Среди бактерий есть *анаэробы* и *аэробы*.

При неблагоприятных условиях ряд бактерий образует *споры* и *цисты* с плотными оболочками. Эти споры способны находиться в неактивном состоянии в течение многих лет, однако при благоприятных условиях «спящая» бактерия возобновляет свою жизнедеятельность. Другие бактерии, например туберкулёзная палочка и клубеньковые бактерии, переживают неблагоприятные условия без спорообразования.

4.4.3. Размножение бактерий

Бактерии размножаются в основном делением клетки надвое, которому предшествует удвоение ДНК. При благоприятных условиях среды бактерии способны делиться каждые 20–30 мин (рис. 73).

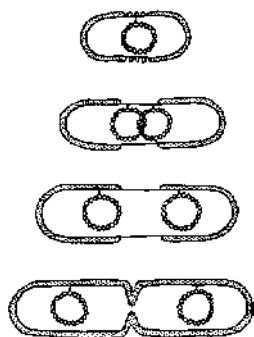


Рис. 73. Деление бактериальной клетки

Вегетативное размножение характерно только для многоклеточных цианобактерий, у которых нити разрываются по клеткам или образуются и отделяются специальные нити для размножения.

У бактерий имеется также процесс одностороннего переноса наследственной информации путём передачи плазмиды от одной бактерии к другой с помощью специальной ворсинки — *конъюгация*.

4.4.4. Роль бактерий в природе

Известно более 100 000 видов бактерий. По современной классификации прокариот делят на археи и бактерии. Археи составляют сравнительно малоизученную группу прокариотических организмов.

Обитают бактерии повсеместно: в почве, пресных водоёмах и океанских глубинах, ледниках и горячих гейзерах, на поверхности тела человека и его системах, сообщающихся с окружающей

средой. В 1 г сельскохозяйственных почв содержится до 2,5 млрд бактерий. До 2 кг этих организмов могут находиться на коже, слизистых оболочках и в кишечнике человека. Не связанные напрямую с окружающей средой органы практически лишены бактериальной микрофлоры.

Бактерии играют исключительную роль в круговороте углерода, кислорода, водорода, азота, фосфора, серы, кальция и других элементов. Они возвращают в почву неорганические вещества (совместно с грибами), разлагая органические, участвуют в образовании кислорода, залежей железной руды, карбонатов и других полезных ископаемых, они связывают азот в почве, образуя симбиоз с корнями бобовых и других растений (клубеньковые бактерии), переводя его в доступную для растений форму. Бактерии участвуют в биологической очистке водоёмов. В их отсутствие существенно замедляются процессы почвообразования.

Вред, наносимый бактериями, не менее значителен. Так, массовое размножение цианобактерий приводит к «цветению» воды, при этом в воду выделяется значительное количество токсических веществ. При нарушении санитарных норм бактерии портят продукты питания и загрязняют лекарственные препараты. Многие бактерии являются болезнетворными организмами.

У растений широко распространены такие бактериальные заболевания, как кольцевая гниль картофеля, бактериальный ожог, рак и увядание томатов и др., которые наносят значительный вред сельскому хозяйству.

Основными бактериальными заболеваниями животных являются туляремия, сибирская язва, сепсис и др. Заражение человека возбудителями бактериальных инфекций происходит через пищеварительную систему, органы дыхания, при укусах переносчиков, а также через слизистые оболочки и повреждения кожи. В связи с этим бактериозы делят на *кишечные* (язва желудка, холера, дизентерия, сальмонеллёз, брюшной тиф, ботулизм), *респираторные* (дифтерия, коклюш, туберкулёз), *кровяные инфекции* (чума, сыпной тиф) и *инфекции наружных покровов* (сибирская язва, столбняк, сифилис и гонорея).

Основным средством профилактики бактериальных заболеваний у человека является повышение санитарной культуры населения, своевременное выявление и лечение больных, флюорография лёгких, ношение марлевых повязок при контакте с больными, мытьё рук, овощей и фруктов, протравливание мест обитания переносчиков соответствующих заболеваний, вакцинация и др.

Типовые задания



Возбудители чумы, холеры, туберкулёза, пневмонии по типу питания принадлежат к

- 1) сапротрофам
- 2) паразитам
- 3) хемосинтетикам
- 4) фотосинтетикам

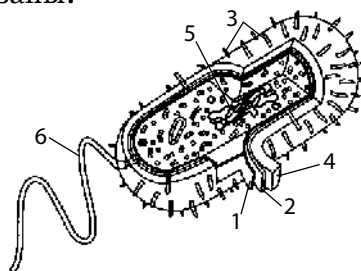
► Ответ. 2.



Выберите три **верно обозначенные** подписи к рисунку. Запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) клеточная мембрана
- 2) плазмида
- 3) капсула
- 4) цитоплазма
- 5) бактериальная хромосома
- 6) жгутик

► Ответ. 156.



Известно, что клубеньковые бактерии — **аэробные, микроскопические, симбиотические организмы**. Выберите из приведённого ниже текста три утверждения, относящиеся к описанию перечисленных выше признаков бактерии.

- (1) Клубеньковые бактерии — палочковидные прокариоты размером 0,5–3 мкм.
- (2) Они подвижны и не образуют спор.
- (3) Клубеньковые бактерии обладают свойством связывать азот из атмосферного воздуха.
- (4) Эти микроорганизмы образуют на корнях растений семейства бобовых клубеньки.
- (5) Для своей жизнедеятельности клубеньковые бактерии требуют наличия кислорода в среде.
- (6) Они являются важным звеном в процессе обогащения почвы азотом.

Запишите **цифры**, под которыми указаны выбранные предложения.

► Ответ. 145.

4.5. ЦАРСТВО ГРИБОВ

Основные понятия и термины

- ▮ **Грибы** — одноклеточные и многоклеточные эукариотические организмы, для которых характерны гетеротрофное питание, прикреплённый способ жизни и неограниченный рост.
- ▮ **Грибница (мицелий)** — вегетативное тело многоклеточного гриба, представляющее собой совокупность тонких нитей гиф.
- ▮ **Микориза (грибокорень)** — симбиоз мицелия гриба и корней растений.
- ▮ **Осммотрофный тип питания** — питание посредством поглощения растворённых веществ всей поверхностью клетки.
- ▮ **Микозы** — заболевания человека, животных и растений, вызываемые грибами.
- ▮ **Микология** — наука о грибах.
- ▮ **Лишайники** — симбиоз гриба и водоросли.
- ▮ **Лихенология** — наука о лишайниках.

Объяснение и важные примеры

4.5.1. Строение грибов

Клетки грибов обычно имеют хитиновые клеточные стенки, а их основным запасным веществом является гликоген.

Тело многоклеточного гриба — *грибница*, или *мицелий* (рис. 74).

К многоклеточным грибам относятся белый гриб, опята, мухомор, плесневые грибы и др. Мицелий ряда грибов может формировать плотные скопления гиф, например *плодовые тела* — вместилища спороносных органов. Плодовое тело у шляпочных грибов чётко делится на *шляпку* и *ножку*. На нижней стороне шляпки могут быть заметны пластинки или мельчайшие трубочки, в которых образуются споры.

К *пластинчатым* грибам относят шампиньоны, лисички, вёшенку, а к *трубчатым* — белый гриб, подосиновик и подберёзовик.

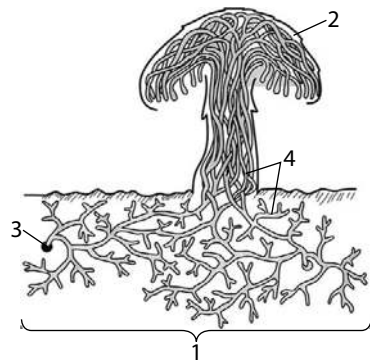


Рис. 74. Мицелий грибов:

1 — грибница, 2 — плодовое тело, 3 — спора, 4 — мицелий

4.5.2. Жизнедеятельность грибов

Грибы — типичные гетеротрофы. Разветвлённый мицелий позволяет им максимально оккупировать окружающее пространство и извлекать из него необходимые вещества. Грибы выделяют в субстрат ферменты расщепления, а затем поглощают растворённые вещества *осмотрфно*.

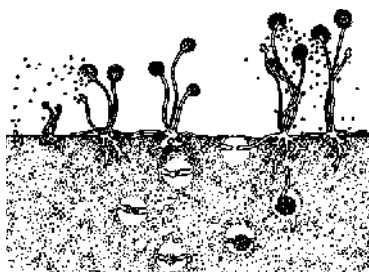


Рис. 75. Хлебная плесень — ризопус

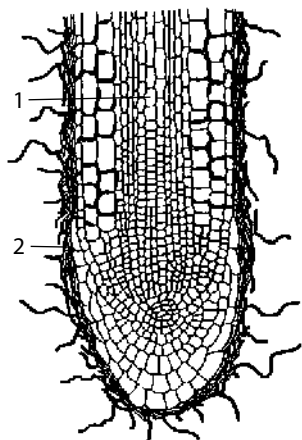


Рис. 76. Микориза:
1 — корень растения;
2 — гифы гриба

Грибы — аэробные организмы, но некоторые из них могут осуществлять процессы брожения (дрожжи, аспергилл).

Большинство грибов является сапротрофами или мутуалистами, однако есть среди них и паразитические формы, вызывающие болезни человека, животных и растений.

Сапротрофные грибы расщепляют органические остатки растительного и животного происхождения. К сапротрофам относятся, например, плесневые грибы — пеницилл, мукор, ризопус (рис. 75) и дрожжи. Плесневые грибы портят продукты питания, например хлеб, овощи, фрукты и др.

Мутуалистические грибы образуют микоризу с корнями около 80 % видов растений. Оплетая корни или проникая в них, мицелий выполняет функцию корневых волосков, увеличивая площадь поверхности всасывания корня (рис. 76), а получает от растения органические вещества. Микоризными грибами являются белый гриб, трюфель и др.

4.5.3. Размножение грибов

Размножаются грибы половым и бесполом способом, но чаще — бесполом. Бесполое размножение у одноклеточных грибов, таких как дрожжи, происходит почкованием, а у многоклеточных в основном осуществляется за счёт спор — мелких одноклеточных образований (рис. 77). Возможно деление мицелия на несколько частей.

В настоящее время описано уже более 100 000 видов грибов, к этому же царству относятся и лишайники.

4.5.4. Роль грибов в природе и жизни человека

Распространены грибы повсеместно, они освоили все среды обитания, даже внутреннюю среду других организмов. Живут на камнях, деревьях, почве и других субстратах.

Грибы участвуют в биогeoхимическом круговороте веществ, обеспечивают процессы почвообразования, питания растений и даже усиливают эволюционные процессы, способствуя обогащению экосистем новыми видами. Вместе с тем они наносят значительный ущерб человеку, делая

продукты питания непригодными для употребления (дрожжи, плесневые грибы мукор, ризопус, пеницилл и др.), поражая древесные породы (трутовик, опёнок) и предметы культуры — книги, ткани, картины, изделия из кожи (дрожжи). Заражение важнейших сельскохозяйственных культур паразитическими грибами (спорынья и ржавчина пшеницы, головня кукурузы и др.) может существенно снизить их продуктивность либо вообще уничтожить урожай.

Произрастающие в природе и культивированные грибы (шампиньоны, вёшенка и др.) используются человеком в пищу. В пищевой промышленности грибы используются при изготовлении молочнокислых продуктов, в хлебопечении, виноделии и пивоварении, при изготовлении мясных и колбасных изделий, получении лимонной кислоты.

Из грибов получают лекарственные препараты — антибиотики, например пенициллины и цефалоспорины.

Основными причинами отравлений грибами являются неумение распознавать съедобные и ядовитые грибы, употребление в пищу старых и испорченных грибов, возможные мутации съедобных грибов и накопление ими токсических веществ, содержащихся в среде.

Грибы делятся на съедобные и условно съедобные. К хорошо различимым съедобным грибам относятся лисичка, белый гриб, подосиновик, подберёзовик, маслёнок обыкновенный, опёнок осенний, шампиньон обыкновенный и др. Наиболее известными ядовитыми грибами являются мухомор красный и бледная поганка.

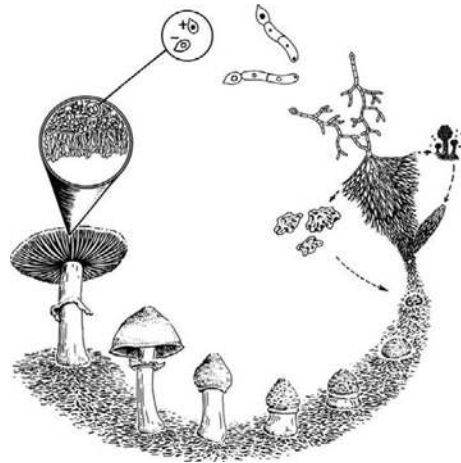


Рис. 77. Размножение грибов спорами

Собирать грибы желательно вдали от трасс и промышленных предприятий, так как грибы способны аккумулировать вредные соединения. Необходимо хорошо знать описание грибов, чтобы отличить съедобные от похожих несъедобных. Наиболее характерный общий признак съедобных грибов — это приятный запах. Однако для безопасности этого недостаточно, поэтому при сборе грибов лучше избегать незнакомых и сомнительных грибов.

4.5.5. Лишайники, их разнообразие, особенности строения и жизнедеятельности

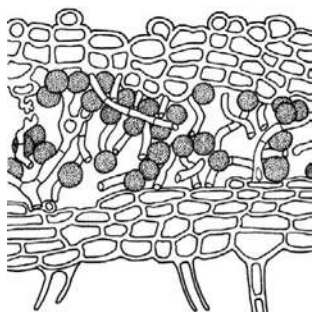


Рис. 78. Поперечный срез лишайника

Лишайник — двухкомпонентный симбиотический организм. Фотосинтезирующий компонент лишайников — это чаще всего *цианобактерии* или *зелёные водоросли*. Водоросль предоставляет грибу органические вещества, а гриб обеспечивает её водой и минеральными солями, поглощаемыми из субстрата.

Тело лишайника не расчленено на ткани и органы — его называют *слоевищем*, или *талломом* (рис. 78).

В зависимости от морфологии слоевища лишайники делят на *накипные*, *листоватые* и *кустистые* (рис. 79).



Рис. 79. Морфология слоевища лишайника:
а — накипные; б — листоватые; в — кустистые

Накипные лишайники покрывают камни, кору деревьев, заборы и т. д. К ним относится, например, графис, образующий на коре граба своеобразный узор, похожий на древние письмена.

Листоватые лишайники более заметны, чем вросшие в субстрат накипные, особенно бросается в глаза встречающаяся почти повсеместно постенная золотянка.

Наиболее высокоорганизованными из них являются кустистые лишайники: олений мох, образующий сплошной ковёр в тундре, и уснеи, свисающие с деревьев.

Лишайники неприхотливы к условиям и способны высыхать до воздушно-сухого состояния, а затем вновь насыщать ткани водой и возобновлять процессы жизнедеятельности. Это позволило лишайникам занять разнообразные экологические ниши, вплоть до бесплодных скал Антарктиды. Наиболее богата лишайниками северная флора.

Растут лишайники очень медленно — по 1–8 мм в год. По скорости роста можно определить возраст лишайника и установить, когда произошли изменения состояния окружающей среды, так как многие лишайники чутко реагируют на загрязнение воздуха.

Размножаются лишайники вегетативно или спорами. При вегетативном размножении от слоевища отделяются небольшие фрагменты, содержащие как грибной, так и водорослевый компоненты. Споры в лишайниках образует только гриб.

Всего известно около 25 тыс. видов лишайников.

4.5.6. Роль лишайников в природе и жизни человека

Лишайники поселяются на непригодных для жизни других организмов субстратах, например стекле, камне, являясь одними из пионеров растительности и почвообразования.

Кустистые лишайники (собирательное название «олений мох») в природе являются основным кормом для северных оленей в тундре. По-видимому, один из кустистых лишайников послужил также прообразом библейской манны небесной.

Лишайники используют в парфюмерной (фиксатор для духов) и химической (лакмус) промышленности, медицине (для приготовления слизистых отваров и как средство от кашля), в экологических исследованиях (как индикатор загрязнения атмосферы).

Типовые задания



К грибам-паразитам относятся

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1) мухомор и подосиновик | 3) трутовик и опёнок |
| 2) лисичка и вёшенка | 4) боровик и шампиньон |

► Ответ. 3.



Верны ли следующие суждения о грибах?

- | | |
|--|-------------------------|
| А. Клеточные стенки грибов содержат хитин. | |
| Б. Основное запасное вещество грибов — гликоген. | |
| 1) верно только А | 3) верны оба суждения |
| 2) верно только Б | 4) оба суждения неверны |

► Ответ. 3.

ЕГЭ

Известно, что пекарские дрожжи — **одноклеточные, микроскопические, сапротрофные организмы**. Выберите из приведённого ниже текста три утверждения, относящиеся к описанию перечисленных выше признаков грибов.

(1) Пекарские дрожжи — эукариотические организмы с овальными клетками размером 5–10 мкм. (2) Настоящего мицелия они не образуют, только ложный — цепочки из почкующихся клеток. (3) Размножаются дрожжи в основном вегетативно, но у них имеется и половой процесс. (4) Эти микроскопические грибы сбраживают глюкозу, сахарозу и другие углеводы с образованием этилового спирта и углекислого газа. (5) Дрожжи являются аэробами, однако легко переносят недостаток кислорода в среде. (6) Оптимальными для протекания процессов их жизнедеятельности являются температуры в диапазоне 25–30 °С.

Запишите **цифры**, под которыми указаны выбранные предложения.

► Ответ. 124.

4.6. ЦАРСТВО РАСТЕНИЙ

Основные понятия и термины

- **Слоевище (таллом)** — вегетативное тело водорослей, лишайников и некоторых моховидных, не дифференцированное на ткани и органы.
- **Ткань** — совокупность клеток и межклеточного вещества, объединённых общим происхождением, строением и выполняемыми функциями.
- **Ткани растений:** образовательные и постоянные (покровные, механические, проводящие и основные).
- **Образовательные ткани (меристемы)** — ткани, обеспечивающие процессы роста растения.
- **Постоянные ткани** — ткани растений, которые специализируются на выполнении определённых функций.
- **Устьица** — специальные образования, через которые происходит испарение воды (транспирация) и газообмен.

Объяснение и важные примеры

Царство растений объединяет около 400 тыс. видов организмов. Характерными признаками растений являются автотрофный способ питания (фотосинтез), прикреплённый способ жизни и открытый, или неограниченный, рост.

В зависимости от наличия тканей и органов растения делят на *низшие* и *высшие*.

Тело низших растений — *слоевище*, или *таллом*, представлено практически одинаковыми клетками. К низшим растениям относят водоросли.

Тело *высших растений* расчленено на ткани и органы, а их органы бесполого и полового размножения представлены многоклеточными образованиями. Высшими растениями являются высшие споровые и семенные.

4.6.1. Клетки растений

Растения — эукариоты, отличительными признаками клеток которых являются наличие пластид и крупных вакуолей, целлюлозной клеточной стенки и основного запасного вещества — крахмала.

4.6.2. Ткани растений

Ткани растений могут содержать как живые, так и мёртвые клетки, от которых остались, например, только одревесневшие оболочки. Межклеточное вещество растительных тканей во всех тканях одинаковое и содержит углеводы и воду. Также ряд тканей растений может иметь более или менее крупные *межклетники* — полости, заполненные воздухом.

Ткани растений делят на образовательные и постоянные.

Образовательные ткани расположены на верхушках побегов и корней, в основаниях междоузлий, подстилают пробку в одревесневших побегах. К ним относится и *камбий*, образующий прослойку между лубом и древесиной в стебле голосеменных и двудольных. Постоянное деление клеток образовательных тканей поддерживает неограниченный рост растений: образовательные ткани верхушек побега и корня, а у некоторых растений — и междоузлий обеспечивают рост растений в длину, а камбий — в толщину.

Постоянные ткани растений (покровные, механические, проводящие и основные) специализируются на выполнении определённых функций. Их клетки неспособны к делению и со временем могут отмирать.

Покровные ткани растений защищают их от потери воды, механических и термических повреждений, проникновения микроорганизмов, обеспечивают обмен веществ с окружающей средой. К покровным тканям относятся кожа и пробка.

Кожица, или *эпидерма*, — однослойная ткань, лишённая хлоропластов. Кожица покрывает листья, молодые побеги, цветки и плоды. Она пронизана устьицами и может нести различные волоски и желёзки. Сверху кожица покрыта кутикулой из воскоподобных веществ, которая защищает растения от испарения.

В устьицах замыкающие клетки окружают устьичную щель, под ними располагается свободное пространство (рис. 80). Если замыкающие клетки насыщены водой, то внутренние стенки растягиваются и устьице открывается.

В зоне всасывания корень также покрыт кожей, образующей многочисленные корневые волоски для увеличения площади поверхности.

Клетки *пробки* пропитаны жироподобным веществом, что предотвращает испарение с поверхности растения, обеспечивая термическую и механическую защиту. В пробке имеются специальные образования для проветривания — *чечевички*.

Механические ткани растений выполняют опорную и защитную функции, часто сопровождая проводящие ткани (рис. 81). Клетки механической ткани могут быть как живыми, так и мёртвыми, чаще всего они вытянуты в длину. Одревесневшие удлинённые клетки называются *волокнами*.

По *проводящим тканям* осуществляется транспорт веществ по телу растения. В состав проводящей ткани входят проводящие элементы, механические волокна и клетки основной ткани. Существует два вида проводящей ткани: *ксилема* и *флоэма*. Проводящие элементы *ксилемы*, или *древесины*, — *сосуды* и *трахеиды* — мёртвые вытянутые клетки с одревесневшими оболочками (рис. 82). Функция ксилемы — восходящий транспорт воды и растворённых в ней минеральных солей от корня к побегу.

Проводящие элементы *флоэмы*, или *луба*, — *ситовидные трубки* — образованы живыми клетками, однако в них исчезают ядра, а цитоплазма смешивается с клеточным соком. Ситовидные клетки располагаются одна над другой, клеточные стенки между ними имеют многочисленные отверстия (рис. 83). По флоэме транспортируются растворённые в воде органические вещества из надземной части растения в корень и другие органы растения. Загрузку и разгрузку

ситовидных клеток обеспечивают прилегающие к ним *клетки-спутницы*.

Основная ткань, или *паренхима*, заполняет промежутки между другими тканями и выполняет питательную, выделительную и другие функции (рис. 84). Основные ткани расположены в листьях, молодых стеблях, плодах, семенах и других запасующих органах. В листьях и молодых стеблях их клетки содержат хлоропласты и выполняют функцию фотосинтеза, а в запасующих органах — лейкопласты. У растений, обитающих в воде и в переувлажнённых местах, могут разрастаться межклетники, и их паренхима превращается в воздухоносную ткань.

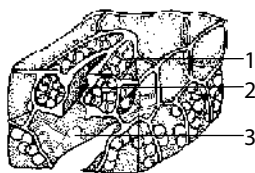


Рис. 80. Устьице в разрезе:

- 1 — замыкающая клетка;
2 — устьичная щель;
3 — пространство под устьищем

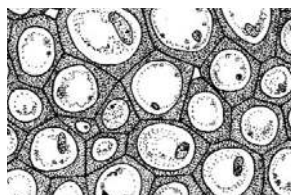


Рис. 81. Механическая ткань



Рис. 82. Проводящие элементы ксилемы

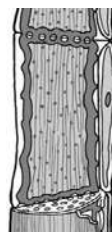


Рис. 83. Ситовидная клетка

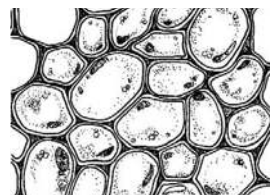


Рис. 84. Основная ткань

Типовые задания



Ткань, клетки которой синтезируют органические вещества из неорганических, называется

- 1) образовательная
- 2) проводящая
- 3) покровная
- 4) основная

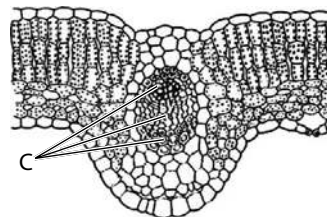
► Ответ. 4.

ОГЭ

Все перечисленные ниже термины, кроме двух, используются для описания элементов, обозначенных буквой С. Определите два термина, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) пробка
- 2) ситовидные трубки
- 3) кожица
- 4) сосуды
- 5) волокна

► Ответ. 13.

**ЕГЭ**

Установите соответствие между характеристикой и видом растительной ткани, к которому его относят: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца

ХАРАКТЕРИСТИКА

ВИД ТКАНИ

- А) образована живыми клетками, имеющими в клеточных стенках многочисленные отверстия
- Б) образована одним слоем клеток, лишённых хлоропластов
- В) состоит из мёртвых вытянутых одревесневших клеток
- Г) имеет чечевички
- Д) осуществляет транспорт веществ

- 1) покровная
- 2) проводящая

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д
2	1	2	1	2

4.6.3. Вегетативные органы растений

Основные понятия и термины

- **Вегетативные органы** — органы растения, поддерживающие его жизнедеятельность.
- **Корень** — подземный вегетативный орган, выполняющий функцию почвенного питания.
- **Побег** — надземный орган растения, выполняющий функцию воздушного питания.
- **Почка** — зачаточный побег.
- **Стебель** — осевая часть побега.

- **Лист** — боковая часть побега, осуществляющая функцию воздушного питания.

Объяснение и важные примеры

4.6.4. Вегетативные и генеративные органы

У растений имеются вегетативные и генеративные органы. К вегетативным органам относят корень и побег, а к генеративным (у цветковых) — цветок, семя и плод.

Корень

Корень выполняет функции почвенного питания, закрепления растения в почве, транспорта и запасания веществ, а также вегетативного размножения.

Морфология корня. Корень имеет четыре зоны: роста, всасывания, проведения и корневой чехлик (рис. 85).

Корневой чехлик защищает клетки зоны роста от повреждения и облегчает продвижение корня среди твёрдых частиц почвы.

Зона роста состоит из клеток, способных к делению. Часть из них после деления увеличивается в размерах в результате растяжения. Иногда зону роста подразделяют на две зоны: деления и растяжения.

В *зоне всасывания* корень покрыт кожей с выростами клеток — *корневыми волосками*, выполняющими функцию всасывания воды и минеральных солей.

В *проводящей зоне*, или *зоне боковых корней*, вещества транспортируются из корня в побег, а также происходит ветвление корня.

Внутреннее строение корня. На поперечном срезе в зоне всасывания корня видны кожа с корневыми волосками, первичная кора из основной ткани и центральный цилиндр с проводящими тканями. Сердцевина в корне отсутствует, по центру расположена ксилема (рис. 86).

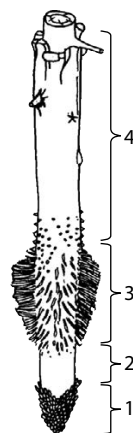


Рис. 85. Строение корня:

- 1 — корневой чехлик
- 2 — зона роста;
- 3 — зона всасывания;
- 4 — зона проведения

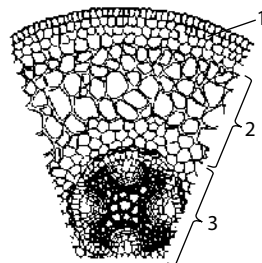


Рис. 86. Поперечный срез корня двудольного растения:

- 1 — покровная ткань;
- 2 — первичная кора;
- 3 — центральный цилиндр

Корневые системы. Совокупность корней растения образует корневую систему. В ней выделяют *главный*, *придаточные* и *боковые* корни. *Главный корень* развивается из зародышевого корешка семени, а *придаточные корни* отрастают от надземной части растения (рис. 87). *Боковые корни* формируются как на главном, так и на придаточных корнях.

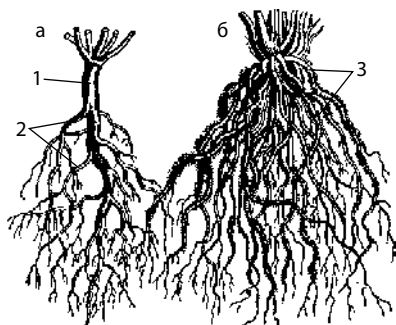


Рис. 87. Типы корневых систем:
а — стержневая; б — мочковатая;
1 — главный корень;
2 — боковые корни;
3 — придаточные корни (мочки)

Корневая система с выраженным главным корнем называется *стержневой*, а если он не выделяется среди придаточных — *мочковатой* (рис. 87). Первая характерна для двудольных и голосеменных растений, а вторая — для однодольных.

Видоизменения корня. Видоизменениями корня (рис. 88) являются *корнеплоды* (морковь, редис, свёкла), *корневые клубни* (георгин, топинамбур), *корни-присоски* (повилика, заразиха, омела), *цепляющиеся* (плющ, виноград), *дыхательные* (болотный кипарис, мангры), *воздушные* (эпифитные орхидеи), *опорные* (фикус-баньян) и *ходульные корни* (мангры).

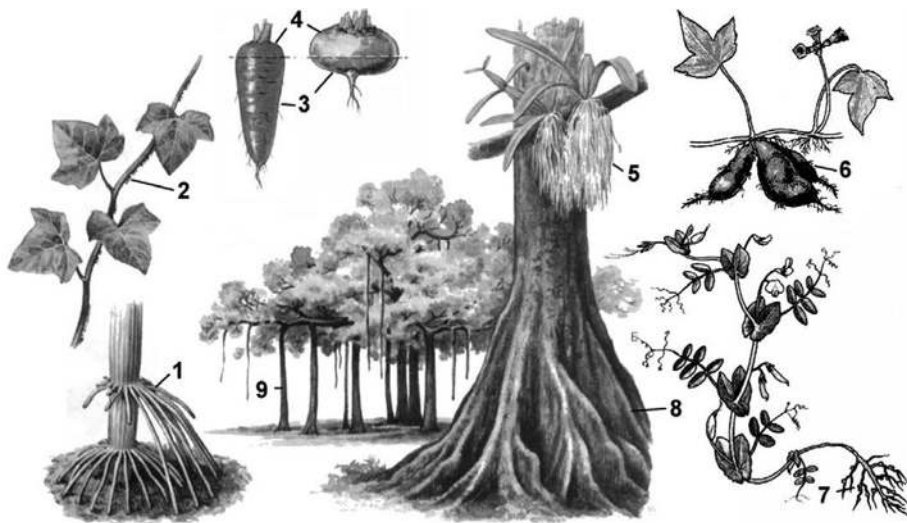


Рис. 88. Видоизменения корней:

Рис. 89. 1 — опорные корни кукурузы; 2 — корни-прицепки плюща; 3 — корневая часть корнеплода; 4 — стеблевая часть корнеплода; 5 — воздушные корни орхидей; 6 — корнеклубни; 7 — клубеньки на корнях гороха; 8 — досковидные опорные корни; 9 — корни-подпорки баньяна

Корневые симбиозы. Корни растений образуют симбиозы с мицелием грибов (микориза) или азотфиксирующими клубеньковыми бактериями (клубеньки на корнях бобовых). Такие агротехнические приёмы, как *пикировка рассады* и *окучивание*, усиливают развитие корневой системы, а рыхление почвы обеспечивает её кислородом.

Побег

Побег образован *стеблем, листьями и почками*. Побег отличается наличием многочисленных повторяющихся сегментов: место прикрепления листа к побегу называется *узлом*, а участок побега между узлами — *междоузлием*. Побеги с очень короткими междоузлиями называют *укороченными* (вишня). Растения с единственным таким побегом (одуванчик, подорожник) называют *розеточными*. Остальные побеги, у которых узлы достаточно удалены друг от друга, называются *удлинёнными*.

Порядок размещения листьев на стебле называют *листорасположением* (рис. 89). Если лист в узле один — это *очерёдное листорасположение* (вишня, яблоня), если два — *супротивное* (сирень), а если три и более — *мутовчатое* (ветреница, олеандр). Если на побеге имеются цветки, плоды или иные генеративные органы, его называют *генеративным*, в противном случае — *вегетативным*.

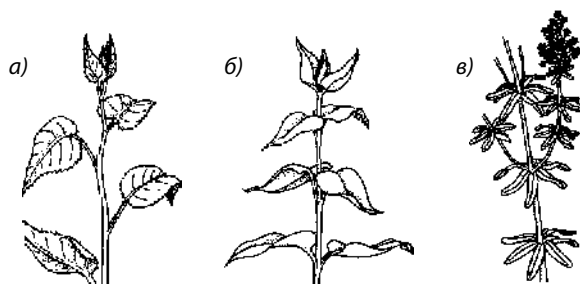


Рис. 90. Листорасположение: а) очерёдное; б) супротивное; в) мутовчатое

Жизненные формы растений

По степени одревеснения побегов и продолжительности их жизни у растений выделяют три основные жизненные формы: *древесные*, *кустарниковые* и *травянистые*.

У *травянистых* растений побег никогда не одревесневает.

Кустарники характеризуются наличием нескольких одревесневших побегов-стволиков, постепенно сменяющихся в течение жизни растения. К ним относятся сирень, красная смородина, крыжовник, тёрн и др.

У *деревьев* побег также одревесневает, но он сохраняется всю жизнь и называется *стволом*. Ствол несёт на себе все остальные ветви дерева — крону. Примерами древесных растений являются дуб, сосна и берёза.

Почка

Почка обеспечивает нарастание побега в длину и ветвление. В почке зачаток побега прикрыт почечными чешуями. Он может быть вегетативным или генеративным, в соответствии с чем различают *вегетативные* и *генеративные*, или *цветочные*, почки (рис. 90).

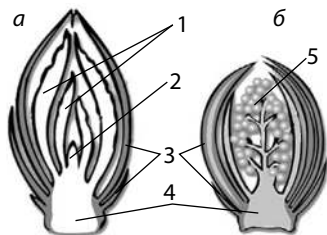


Рис. 91. Строение почки:
а — вегетативная;
б — генеративная
1 — зачаточные листочки;
2 — зачаточная почка;
3 — почечные чешуи;
4 — зачаточный стебель;
5 — зачаточные цветки

Генеративные почки обычно более крупные и округлые в сравнении с вегетативными и чаще располагаются на концах побегов. В зависимости от расположения на побеге почки делят на *верхушечные* и *боковые*. Верхушечные почки располагаются в точках роста побега, а боковые — во всех остальных местах. Боковые почки, расположенные в пазухах листьев, называются *пазушными*, а разбросанные вне пазух почки — *придаточными*.

Стебель

Стебель выносит листья к свету, поддерживает генеративные органы, осуществляет транспорт веществ от одних органов к другим, может выполнять запасную функцию и функцию вегетативного размножения. Молодые зелёные стебли и стебли кактусов также способны фотосинтезировать.

Внутреннее строение стебля. Стебель снаружи покрыт *покровной тканью*, под которой располагаются *первичная кора* и *центральный цилиндр с сердцевиной*, что не характерно для корня. У травянистых растений покровная ткань в течение всей жизни представлена кожей, а у одревесневающих она со временем заменяется пробкой.

Первичная кора образована основной и механической тканями, которые выполняют защитную, запасную и фотосинтетическую функции.

Центральный цилиндр содержит *луб*, или флоэму, и *древесину*, или ксилему, а также *сердцевину*. У древесных растений древесина и луб закладываются сплошными кольцами, причём древесина располагается ближе к центру стебля, чем луб, а между ними находится

кольцо камбия (рис. 91). По ситовидным трубкам флоэмы осуществляется нисходящий транспорт растворённых в воде органических веществ из листьев в другие органы растения. По ксилеме осуществляется восходящий транспорт воды и минеральных солей из корня в побег. Её проводящие элементы со временем утрачивают проводящую функцию и превращаются в опорные элементы. Наружу камбий продуцирует клетки луба, а внутрь — клетки древесины. Ежегодно откладывается новое кольцо древесины, вследствие чего на поперечном срезе древесных растений видны *годовые кольца*. По ним можно подсчитать приблизительный возраст растения и узнать, какие условия были на планете в прошлом.

Древесину и луб в направлении от сердцевинки к первичной коре пронизывают тяжи основной ткани — *сердцевинные лучи*, имеющие различную ширину. По ним осуществляется радиальный транспорт веществ.

В центре стебля располагается сердцевина, представленная основной тканью. Она выполняет запасную и выделительную функции. Во многих случаях сердцевина разрушается под действием бактерий и грибов, но у некоторых растений она исчезает вследствие расхождения клеток. Например, в солоmine злаков все междоузлия полые, а в узлах сохраняются тоненькие плёнки.

Лист

Лист осуществляет газообмен с окружающей средой через устьица, в том числе *транспирацию*, может служить запасным органом и органом вегетативного размножения.

Морфология листа. Лист состоит из *листовой пластинки*, *черешка*, *основания листа* и иногда *прилистников* и прикрепляется в узле своим основанием к стеблю (рис. 92).

Основание листа может разрастаться и образовывать *влагалище*, охватывающее стебель, как у листьев злаков. Влагалище защищает почки и длительно растущие основания междоузлий.

Черешок служит для соединения листа со стеблем. Если лист имеет черешок, он называется черешковым, если нет — сидячим.

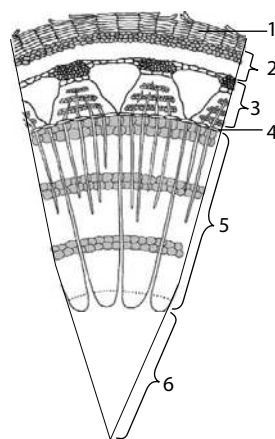


Рис. 92. Схема внутреннего строения ветки липы:

- 1 — пробка;
- 2 — первичная кора;
- 3 — луб;
- 4 — камбий;
- 5 — древесина;
- 6 — сердцевина

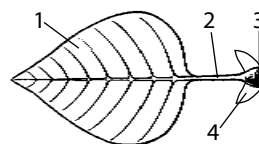


Рис. 93. Строение листа:
1 — листовая пластинка;
2 — черешок;
3 — основание листа;
4 — прилистник

Прилистники представляют собой парные боковые выросты по бокам основания листа. Обычно они развиваются раньше листовой пластинки и защищают молодой лист.



Рис. 94. Простые и сложные листья:

- 1 — простой лист;
- 2 — пальчатый лист;
- 3 — тройчатый лист;
- 4 — парноперистосложный лист;
- 5 — непарноперистосложный лист

Лист, у которого одна листовая пластинка, называют *простым*, а на *сложном* листе размещается несколько листовых пластинок (рис. 93). Сложные листья классифицируют по количеству и размещению пластинок. К ним относят тройчатые (клевер), пальчатые (люпин), непарноперистосложные (горох, белая акация) и парноперистосложные листья (арахис, жёлтая акация).

Листовая пластинка — это расширенная плоская наиболее важная часть листа, в которой и происходит фотосинтез.

Лист, у которого одна листовая пластинка, называют *простым*, а на *сложном* листе размещается несколько листовых пластинок (рис. 93). Сложные листья классифицируют по количеству и размещению пластинок. К ним относят тройчатые (клевер), пальчатые (люпин), непарноперистосложные (горох, белая акация) и парноперистосложные листья (арахис, жёлтая акация).

Листья различаются и по характеру прохождения проводящих

пучков, или жилок, — *жилкованию*. Основными типами жилкования являются *параллельное*, *дугвое* (у однодольных) и *сетчатое* (у двудольных). От основных жилок листа берут начало более мелкие жилки, соединяющиеся между собой тонкими перемычками.

Внутреннее строение листа. Снаружи лист покрыт кожицей, снабжённой устьицами и покрытой кутикулой. Под кожицей расположена основная ткань (рис. 94).

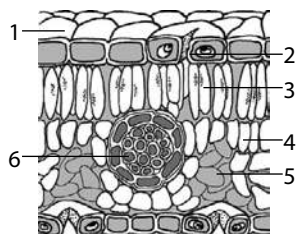


Рис. 95. Внутреннее строение листа:

- 1 — кожица;
- 2 — устьице;
- 3 — столбчатая паренхима;
- 4 — губчатая паренхима;
- 5 — межклетники;
- 6 — жилка

Большинство растений имеют две разновидности основной ткани — столбчатую и губчатую.

Столбчатая, или палисадная, паренхима расположена в 1–2 ряда под верхней кожицей листа и содержит много хлоропластов.

Губчатая, или рыхлая, паренхима образует нижнюю часть листа и имеет большие межклетники. Основной функцией столбчатой паренхимы является фотосинтез, тогда как губчатая осуществляет и функцию проветривания. Паренхима пронизана проводящими пучками — *жилками*.

У многих растений можно наблюдать видоизменения листа, обусловленные выполняемыми ими функциями. К ним относятся колючки кактуса, усики гороха, мясистые листья суккулентов, ловчие листья кувшиночников и др.

Видоизменения побега. Основными видоизменениями побега являются *корневище*, *клубень*, *луковица*, *столон*, *усики* (виноград), *колючки* (боярышник) и *кочан* (капуста) (рис. 95).



Рис. 96. Видоизменения побега:

1 — луковица; 2 — клубень; 3 — усик; 4 — корневище; 5 — колючка

Корневище — это видоизменённый побег, выполняющий функции запаса и вегетативного размножения. В отличие от корня, на нём видны листовые следы. На корневище образуются многочисленные придаточные корни. Корневища имеются у ириса, купены и др.

Клубень — это видоизменённый побег, выполняющий функции запаса и вегетативного размножения. Он имеет листовые следы («бровки») и боковые почки («глазки»). Подземные клубни есть у картофеля, а надземные характерны для капусты кольраби.

Луковица в основном служит для переживания неблагоприятных условий и вегетативного размножения. Её стебель сильно укорочен и превращён в донце, а в листьях-чешуях накапливаются питательные вещества в растворённом виде. Почки спрятаны в пазухах листьев. Луковицы характерны для лука репчатого, чеснока и др.

Столону — это подземные или надземные побеги, служащие для вегетативного размножения. На подземных столонах картофеля закладываются и развиваются клубни, а на надземных ползучих столонах («усах») земляники формируются новые розетки.

Типовые задания



Движение воды в корне осуществляется в последовательности

- 1) первичная кора — центральный цилиндр — корневые волоски
- 2) корневые волоски — центральный цилиндр — первичная кора

- 3) корневые волоски — первичная кора — центральный цилиндр
 4) первичная кора — корневые волоски — центральный цилиндр
 ► Ответ. 3.

ОГЭ

Рассмотрите рисунок листа клена остролистного. Выберите характеристики, соответствующие его строению, по следующему плану: тип листа, форма листа, жилкование листа, степень расчленения листовой пластинки, форма края листовой пластинки.

А. Тип листа:

- 1) сидячий
 2) черешковый

Б. Форма листа:

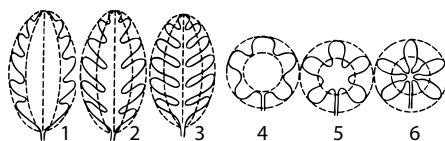
- 1) простой
 2) сложный

В. Жилкование листа:

- 1) сетчатое
 2) параллельное
 3) дуговое
 4) дихотомическое

Г. Степень расчленения листовой пластинки:

- 1) перисто-лопастный
 2) перисто-раздельный
 3) перисто-расчещённый
 4) пальчато-лопастный
 5) пальчато-раздельный
 6) пальчато-расчещённый



Д. Форма края листовой пластинки:

- 1) цельнокрайный
 2) реснитчатый
 3) пильчатый
 4) зубчатый
 5) струговидный
 6) городчатый
 7) волнистый
 8) выемчатый



Запишите выбранные **цифры** под **соответствующими** буквами.

► Ответ.	А	Б	В	Г	Д
	2	1	1	4	8

ЕГЭ

Установите соответствие между функциями и органами растения, которые выполняют эти функции: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ФУНКЦИИ

ОРГАНЫ

- А) запасает органические вещества в зиму
 Б) выделяет воду
 В) поглощает минеральные соли
 Г) вступает в симбиоз с клубеньковыми бактериями
 Д) осуществляет транспирацию
 Е) всасывает воду

- 1) лист
 2) корень

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д	Е
2	1	2	2	1	2

4.6.5. Генеративные органы

Основные понятия и термины

- **Генеративные органы** — органы полового и бесполого размножения растения.
- **Цветок** — видоизменённый побег покрытосеменных растений, совмещающий в себе все функции бесполого и полового размножения.
- **Двудомные растения** — растения, у которых мужские и женские цветки или другие разномёрные половые органы располагаются на разных особях.
- **Однодомные растения** — растения, имеющие одновременно оба вида цветков (мужские и женские).
- **Соцветие** — система видоизменённых побегов покрытосеменного растения, несущих цветки.
- **Опыление** — перенос пыльцы на рыльце пестика у цветковых растений.
- **Двойное оплодотворение** — процесс слияния одного спермия (n) с яйцеклеткой (n) с образованием зиготы ($2n$), а другого спермия (n) — с центральной клеткой ($2n$).
- **Семя** — генеративный орган растений, служащий для распространения семенных растений.

- **Плод** — генеративный орган растений, представляющий собой видоизменённый в процессе оплодотворения цветок.

Объяснение и важные примеры

Цветок

Цветок — это репродуктивный орган покрытосеменных растений. В нём различают цветоножку, цветоложе, околоцветник, тычинки и пестики (рис. 96).

С помощью *цветоножки* цветок крепится к побегу. Если цветоножка отсутствует, то цветок называется *сидячим*.

Цветоложе служит для прикрепления всех частей цветка.

Околоцветник служит для защиты генеративной части цветка и привлечения опылителей. Он образован *чашечкой* и *венчиком*. *Чашечка* состоит из чашелистиков, обычно зелёного цвета. *Венчик* образован лепестками, часто ярко окрашен и обеспечивает привлечение опылителей. Цветки, не имеющие околоцветника, называются *голыми*. Такие цветки присущи в основном ветроопыляемым растениям. В цветках могут иметься нектарники, выделяющие пахучие вещества (эфирные масла) и сладковатую жидкость (нектар), служащие для привлечения опылителей.

Генеративная сфера цветка представлена тычинками и пестиками.

Каждая тычинка состоит из *тычиночной нити*, *пыльников* и *связника*. В гнёздах пыльников образуется пыльца. Пыльцевое зерно покрыто плотной оболочкой, позволяющей пыльце длительное время сохранять способность к прорастанию.

Пестик является наиболее важной частью цветка, из которой впоследствии формируется плод. *Пестик* или пестики располагаются обычно в центре цветка и состоят из *завязи*, *столбика* и *рыльца*.

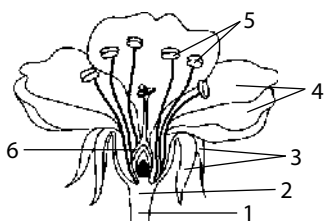


Рис. 97. Строение цветка:

- 1 — цветоножка;
- 2 — цветоложе;
- 3 — чашелистики;
- 4 — лепестки;
- 5 — тычинки;
- 6 — пестик

Цветок с пестиками и тычинками называют *обоеполым*. Такие цветки характерны для подавляющего большинства покрытосеменных растений — вишни, яблони, картофеля и др. Если цветок имеет только тычинки, он называется *тычиночным*, или мужским, а если только пестики — *пестичным*, или женским. Раздельнополые цветки имеются у кукурузы и тыквы.

В большинстве случаев раздельнополые цветки располагаются на одном

растении, которое называют *однодомным* (кукуруза, дуб, бук, ольха, тыква, дыня). У *двудомных* растений мужские и женские цветки находятся на разных растениях (тополь, облепиха, конопля).

Формула и диаграмма цветка. Для удобства в систематике растений используют условные записи — формулы и диаграммы цветков.

Формула цветка — это условное обозначение строения цветка буквами, символами и цифрами (рис. 97). Тип цветка обозначается следующим образом: ♂ — обоеполый (этот значок в формуле часто опускают), ♀ — пестичный, ♂ — тычиночный. Чашечка обозначается буквой Ч, венчик — Л, тычинки — Т, пестики — П. Количество членов цветка обозначается по нижнему индексу соответствующей буквы. Если их много, то ставится символ бесконечности (∞). Если они срастаются, то цифра берётся в круглые скобки. В случае неравноценности членов цветка их указывают по отдельности и соединяют знаком «+».

Другим типом схематического обозначения цветка является диаграмма. *Диаграмма цветка* — это тип схематического обозначения цветка, который представляет собой проекцию поперечного разреза генеративного органа (рис. 97).



Рис. 98. Диаграмма и формула цветка

Соцветия

У немногих растений цветки одиночные (тюльпан, магнолия, мак), чаще они собраны группами, образующими соцветия (рис. 98). Биологическое преимущество соцветий перед одиночными цветками несомненно, так как огромная масса цветков будет всегда более заметной для опылителей.

Соцветия делят на простые и сложные.

Простым соцветиям свойственна только одна ось соцветия. К ним относят простой колос, початок, кисть, корзинку, щиток, головку, зонтик и др. В *простом колосе* подорожника многочисленные цветки сидят на длинном стебле. В *початке* кукурузы ось соцветия сильно утолщена, а в *головке* клевера имеет округлые очертания. В *кисти* ландыша майского и капусты огородной цветки расположены на хорошо заметных цветоножках, отходящих от длинного стебля. Цветки с цветоножками одинаковой длины образуют *зонтик* лука. *Щиток*, характерный для яблони, похож на кисть, однако все его цветки расположены в одной плоскости. *Корзинка* подсолнечника и одуванчика лекарственного похожа на один большой цветок. В ней мелкие цветки располагаются по центру утолщённой и расширенной оси соцветия, и защищены зелёными листьями — обвёрткой.

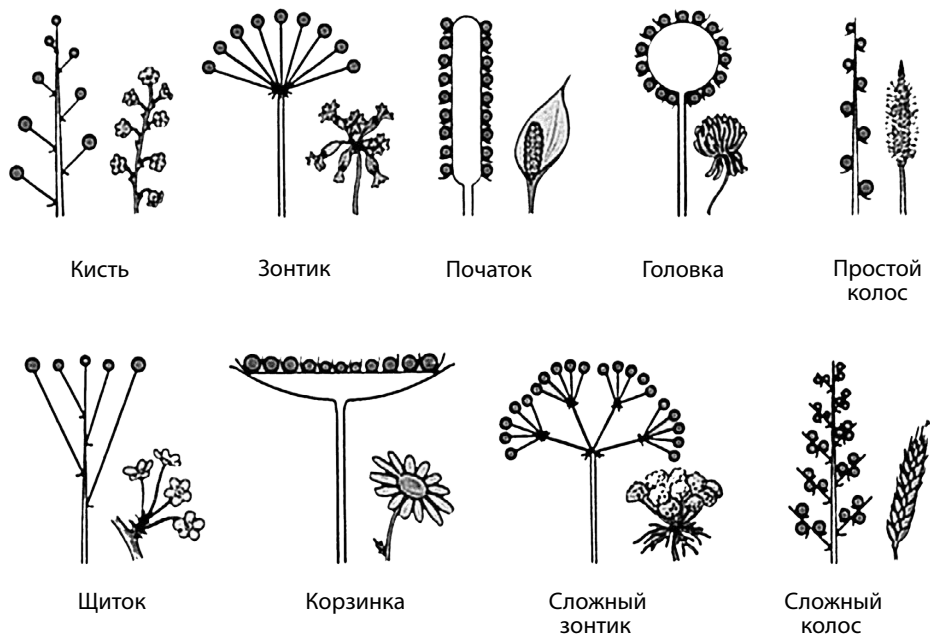


Рис. 99. Типы соцветий

Сложные соцветия образуются из простых вследствие разветвления главной оси соцветия. Из сложных соцветий чаще всего встречаются *сложный колос* (пшеница, ячмень), *сложный зонтик* (морковь, укроп), *метёлка* (овёс, мужское соцветие кукурузы) и *серёжка* (берёза).

Семя

Семя развивается из семязачатка в результате оплодотворения.

Снаружи семя покрыто плотной *семенной кожурой*, которая отделяет зародыш и запасные вещества от окружающей среды и обеспечивает защиту от различного рода внешних повреждений.

Зрелое семя обычно содержит развитый *зародыш* со всеми зачатками вегетативных органов: зародышевым корешком, семядолями, зародышевым стебельком, или почечкой. В семенах таких растений, как горох, томат, зародыш имеет два листочка — *семядоли*, в которых откладывается запас питательных веществ, поэтому такие растения называют *двудольными* (рис. 99).

У злаков зародыш имеет одну семядолю, а питательные вещества откладываются в эндосперме, поэтому их относят к *однодольным* (рис. 100).



Рис. 100. Строение семени бобовых (двудольные):

- 1 — семенная кожура;
- 2 — зародышевый стебелёк;
- 3 — зародышевый корешок;
- 4 — семядоля

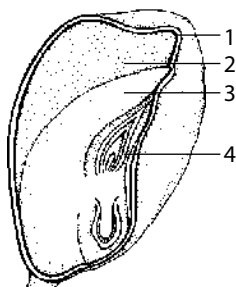


Рис. 101. Строение семени злаков (однодольные):

- 1 — семенная кожура, сросшаяся с околоплодником;
- 2 — эндосперм;
- 3 — семядоля;
- 4 — зародыш

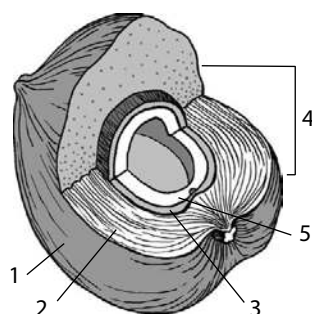


Рис. 102. Строение плода:

- 1 — наружный слой;
- 2 — средний слой;
- 3 — внутренний слой;
- 4 — околоплодник;
- 5 — семя

Плод

В развитии плода принимают участие различные части цветка, но прежде всего — завязь. Плод образован семенами и трёхслойным околоплодником, который надёжно защищает семена от высыхания, проникновения микроорганизмов, механического повреждения, поедания травоядными животными, преждевременного прорастания (рис. 101).

Плод может способствовать распространению семян. Количество семян и массы плодов существенно варьируют.

Плоды делят на простые, сборные и соплодия (рис. 102).

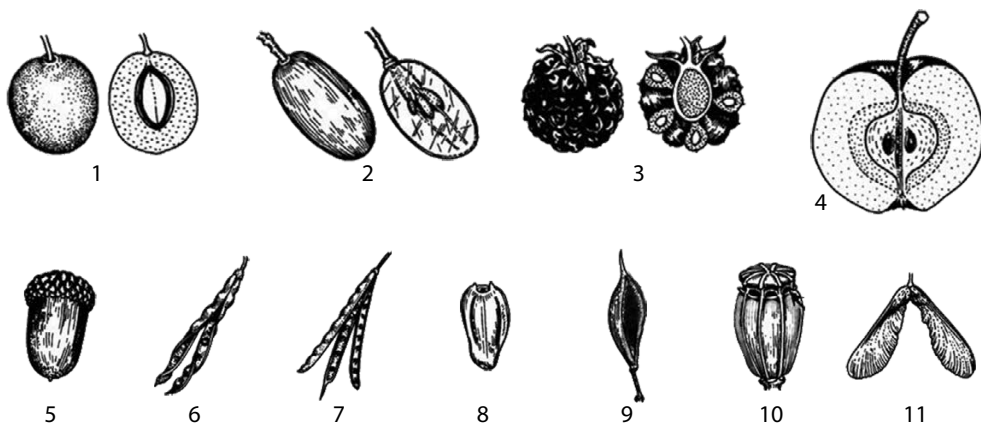


Рис. 103. Типы плодов:

- 1 — костянка; 2 — ягода; 3 — многокостянка; 4 — яблоко; 5 — жёлудь; 6 — боб; 7 — стручок;
- 8 — семянка; 9 — листовка; 10 — коробочка; 11 — крылатка

Простые плоды развиваются из единственного пестика цветка. Они могут быть сухими и сочными, односемянными и многосемянными. К *сухим односемянным* плодам относятся *орех* (лесной орех), *орешек* (липа), *жёлудь* (дуб), *семянка* (астровые), *зерновка* (злаки), *крылатка* (клён). *Многосемянные плоды* — *листовка* (калужница), *боб* (бобовые), *коробочка* (мак), *стручок* и *стручочек* (крестоцветные). *Сочным односемянным* плодом является *костянка* (вишня, грецкий орех), а *сочные многосемянные* представлены *ягодой* (крыжовник, помидор), *тыквиной* (арбуз) и *яблоком* (яблоня, груша).

Сборные плоды формируются из нескольких свободных пестиков одного цветка (сборная костянка малины, многоорешек земляники).

Соплодие представляет собой сросшиеся в единое целое несколько или много плодов, сохранивших структуру соцветия (свёкла, ананас, инжир).

4.6.6. Жизнедеятельность растительного организма

Основными процессами жизнедеятельности у растений являются фотосинтез, почвенное (корневое) питание, дыхание, водный обмен, размножение и раздражимость.

Основным органом *фотосинтеза* является лист, поэтому его структура наиболее полно должна удовлетворять требованиям этого процесса. Растения-паразиты (повилика, заразиха) утратили способность к фотосинтезу и перешли к гетеротрофному питанию.

Почвенное питание — поглощение растениями воды и минеральных солей из почвы с помощью корня.

Структура корня наилучшим образом приспособлена для осуществления всасывающей функции, поскольку разветвлённая корневая система сама по себе имеет достаточно большую протяжённость и площадь и ещё больше увеличивается за счёт корневых волосков зоны всасывания. Вследствие этого корень может получать воду и минеральные соли со значительной площади.

Эффективность минерального питания у ряда растений повышается при образовании микоризы (симбиоз с грибами) или клубеньков (симбиоз с ризобияльными бактериями). Некоторые растения для удовлетворения потребности в азоте питаются насекомыми (росянка, венерина мухоловка).

Водный обмен — процесс поглощения воды растением с помощью корней, её транспорт по организму и испарение с поверхности наземных органов (*транспирация*).

Дыхание характерно для всех органов растений.

Размножение растений

Вегетативное размножение

Цветковые растения размножаются вегетативно и половым способом.

Вегетативное размножение встречается у всех групп растений. Оно происходит за счёт отделения вегетативных органов или их частей и последующего восстановления (регенерации) до целостного организма. В настоящее время различают естественное и искусственное вегетативное размножение.

Естественное вегетативное размножение осуществляется с помощью корневищ (ландыш, пырей), луковиц (лилия, лук), клубней (картофель), корневых отпрысков (сирень), усов (земляника), выводковых почек (бриофиллум) и луковичек (мятлик), а также черенками (виноград) (рис. 103).

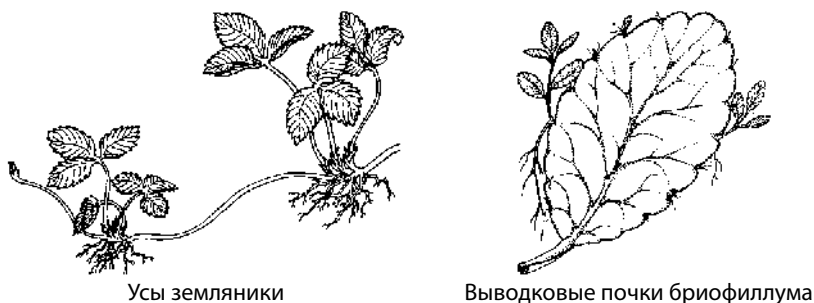


Рис. 104. Вегетативное размножение растений

В растениеводстве широко распространено *искусственное* вегетативное размножение, позволяющее сохранить у потомков хозяйственно ценные признаки, которые могут быть утрачены при семенном размножении. Наиболее распространёнными способами искусственного вегетативного размножения являются черенкование, прививка, размножение с помощью корневищ, клубней, луковиц, усов, клональное микроразмножение.

При *черенковании* используют отрезки вегетативных органов материнского организма — *черенки*, из раневых меристем которых образуются придаточные корни. Разновидность черенкования — размножение *отводками*, при котором побеги прижимают к земле, а после образования придаточных корней отделяют от материнского растения (смородина, крыжовник). *Прививка* — это сращивание черенка или вегетативной почки растения с нужными свойствами — *привоя* — с другим растением — *подвоем*.

В последнее время широкое распространение получило *клональное микроразмножение* — воссоздание целых организмов из отдельных клеток или тканей.

Половое размножение

Половое размножение происходит с образованием половых клеток — гамет — и последующим оплодотворением. У семенных растений оплодотворению предшествует опыление.

Опыление

Опыление — процесс переноса пыльцы с пыльников на рыльце пестика.

При *самоопылении* пыльца попадает с тычинки на рыльце пестика в пределах одного цветка (фиалка, ячмень, арахис, овёс, просо и др.). *Перекрёстное опыление* может осуществляться как с помощью факторов неживой природы (ветра и воды), так и живыми организмами.

У *ветроопыляемых* растений цветки небольшие, с невзрачным околоцветником или голые, пыльники и рыльца пестика часто свешиваются из цветка, образуют большое количество лёгкой и сухой пыльцы, которая переносится на расстояние до 5 км. Многие ветроопыляемые растения цветут вообще до появления листьев, как, например, берёза и орешник.

Отличительным признаком цветков, опыляемых насекомыми и птицами, являются ярко окрашенные околоцветники, благодаря которым они ещё издали заметны для опылителей. У многих растений этой группы цветки собраны в соцветия. Эти цветки выделяют нектар, привлекающий птиц и насекомых.

Кроме естественных способов опыления, существует также и *искусственное опыление*, которое применяется человеком для выведения новых сортов культурных растений и повышения урожайности перекрёстноопыляемых растений.

Двойное оплодотворение

У цветковых растений оплодотворению предшествует опыление. Попадая на рыльце пестика, пыльца прорастает, формируя из вегетативной клетки *пыльцевую трубку* с двумя *спермиями*, образовавшимися в результате деления генеративной клетки. С током цитоплазмы по пыльцевой трубке спермии проникают в зародышевый мешок, где происходит двойное оплодотворение: один спермий сливается с яйцеклеткой с образованием зиготы, а другой — с центральной клеткой с образованием триплоидной клетки (рис. 56). Из

семязачатка формируется семя: интегументы дают начало семенной коже, зигота — в результате многократных делений — зародышу, а триплоидная клетка — вторичному эндосперму.

Распространение семян и плодов

Распространение семян и плодов способствует расселению растений, а расселение растений — сохранению и процветанию видов. Плоды и семена могут распространяться самостоятельно или с помощью ветра, воды, птиц и других животных, человека.

Самостоятельно распространяются растения, плоды которых, вскрываясь, разбрасывают семена на значительное расстояние (жёлтая акация, недотрога, бешеный огурец).

Плоды и семена растений, *распространяемые ветром*, имеют специальные приспособления и очень легки (берёза, ива, тополь, вяз, клён и др.).

Птицы и животные участвуют в распространении семян и плодов с сочными околоплодниками (рябина, вишня), крючками, липкими веществами и др. (череда, лопух).

Развитие растительного организма

Процесс индивидуального развития — *онтогенез* — у цветковых растений делится на четыре периода: эмбриональный, вегетативный, генеративный и период старения.

Эмбриональный период развития продолжается от оплодотворения до созревания семени.

Вегетативный период включает прорастание семени и формирование вегетативных органов вплоть до образования генеративных органов. Для прорастания семени необходимы вода, кислород и тепло.

Генеративный период связывают с закладкой и функционированием репродуктивных органов. Для этого многим растениям требуются определённая продолжительность дня (фотопериод) и температура. Переход растений к цветению вследствие действия пониженной температуры называется *яровизацией*.

Период старения начинается после того, как растение завершило последнее плодоношение и потеряло способность к цветению.

Раздражимость

Растения способны реагировать на многие стимулы как постоянно или периодически действующие, так и непериодические.

Появление ростового изгиба растения под действием одностороннего освещения называется *фототропизмом*. Продолжительность дня и ночи (*фотопериод*) воспринимается многими растениями как

сигнал для перехода к цветению, а растения умеренного климата прекращают рост и начинают готовиться к зиме.

Земное тяготение также оказывает влияние на растения — корень всегда стремится к центру Земли, а побег — от него. Достаточно развита у растений и температурная чувствительность — они способны открывать и закрывать цветки (тюльпаны), опускать и поднимать листья (фасоль) в ответ на суточные колебания температуры.

Усики цепляющихся растений (винограда, тыквенных, гороха) реагируют на прикосновение и начинают обвивать опору. Мимоза стыдливая мгновенно опускает и складывает листочки в ответ на прикосновение.

Типовые задания



Изображённый на рисунке тип соцветия характерен для

- 1) подсолнечника
- 2) клевера
- 3) лука
- 4) кукурузы

► Ответ. 1.



Между объектами и процессами, указанными в столбцах приведённой ниже таблицы, имеется определённая связь.

ОБЪЕКТ	ПРОЦЕСС
.....	Служит для защиты генеративной части цветка и привлечения опылителей
Тычинка	В гнёздах пыльников образуется пыльца

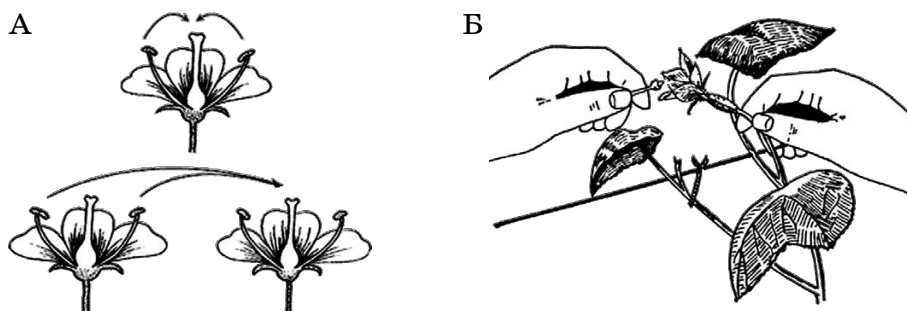
Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) цветоножка
- 2) цветоложе
- 3) околоцветник
- 4) пестик

► Ответ. 3.



Какие процессы изображены на рисунках А и Б? Назовите компоненты цветка, участвующие в этих процессах. Какие преобразования далее произойдут с цветками?



- Ответ. А: самоопыление, перекрёстное опыление. Б: искусственное опыление. Пестики и тычинки. Образуются семена и плоды.

4.7. МНОГООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ

Основные понятия и термины

- **Низшие растения** — группа растений, тело которых не дифференцировано на органы и называется *слоевищем*, или *талломом*.
- **Водоросли** — группа отделов низших растений различного происхождения, обитающих в основном в воде.
- **Высшие растения** — растения, у которых имеются дифференцированные ткани и органы.
- **Красные водоросли** — отдел в основном морских многоклеточных низших растений, таллом которых окрашен от синего до красного цвета, а в жизненном цикле отсутствуют жгутиковые стадии.
- **Бурые водоросли** — отдел наиболее сложно организованных морских многоклеточных низших растений, слоевище которых имеет бурый цвет.
- **Зелёные водоросли** — отдел одноклеточных, колониальных и многоклеточных водорослей, обитающих в различных средах и имеющих зелёную окраску таллома.
- **Зооспоры** — одноклеточные образования со жгутиками, служащие для расселения водорослей и некоторых других организмов.
- **Ризоиды** — нитевидные одно- или многоклеточные выросты, служащие для прикрепления к грунту и поглощения воды и других веществ; по виду напоминают корни.

Объяснение и важные примеры

4.7.1. Основные отделы растений

В настоящее время к растениям относят около 400 тыс. видов организмов. Царство растений условно подразделяют на *низшие* и *высшие растения*, различия между которыми заключаются в формировании тканей и органов.

Это событие было связано с выходом растений на сушу, где возникла необходимость в защите от высыхания, перепадов температуры и механических повреждений, а также потребность в обеспечении водой и минеральными солями. К *низшим растениям* относят водоросли.

Для высших растений характерно также правильное чередование бесполого и полового поколений. По особенностям размножения высшие растения делят на две группы: высшие споровые и семенные.

Система царства растений представлена на рис. 104.



Рис. 105. Классификация растений

4.7.2. Водоросли

Водоросли — древнейшие растения Земли. Они обитают в воде, почве, на коре деревьев, на поверхности льда и снега, а также входят в состав лишайников. Среди водорослей имеются одноклеточные, колониальные и многоклеточные формы. При бесполом размножении они образуют зооспоры или неподвижные споры.

По окраске слоевища и некоторым другим признакам водоросли делят на отделы: Зелёные, Красные, Бурые водоросли и др.

Отдел Красные водоросли, или Багрянки

Красные водоросли — в основном морские многоклеточные низшие растения, встречающиеся до глубины 100–200 м. Окраска их таллома варьирует от синей до красной благодаря сочетанию хлорофилла с другими пигментами. Служат источником агар-агара.

Основные представители красных водорослей: *порфира*, *родимения* и *анфельция*.

Отдел Бурые водоросли

К бурым водорослям относят исключительно многоклеточные морские организмы. Окраска их слоевища варьирует от зеленовато-оливковой до тёмно-бурой. К субстрату эти водоросли прикрепляются с помощью *ризоидов*. Они имеют самое сложное строение среди всех водорослей. К данному отделу принадлежит *ламинария*, или «морская капуста», которая накапливает значительное количество питательных веществ и йода (рис. 105).

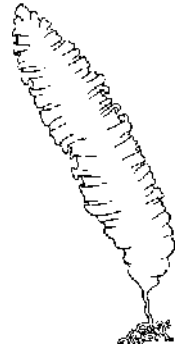


Рис. 106. Ламинария

Отдел Зелёные водоросли

Зелёные водоросли в основном имеют зелёную окраску. К ним относят *хламидомонаду*, *хлореллу*, *вольвокс*, *спирогиру*, *улотрикс*, *ульву*, а также *эвглену зелёную*.

Хламидомонада — одноклеточная водоросль, обитающая во всех пресных водоёмах, в том числе временных (рис. 106).

Её клетка имеет грушевидную форму и снабжена двумя жгутиками. Единственный хлоропласт хламидомонады имеет чашевидную форму. В передней части клетки находится красный «глазок», который помогает хламидомонаде ориентироваться на свет. Две сократительные вакуоли удаляют из клетки излишнюю воду. При неблагоприятных условиях хламидомонады теряют жгутики, покрываются слизистыми капсулами и переходят в состояние покоя. Размножаются хламидомонады бесполом и половым способами. При бесполом

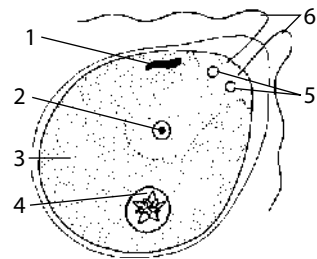


Рис. 107. Хламидомонада:

- 1 — «глазок»;
- 2 — ядро;
- 3 — хлоропласт;
- 4 — пиреноид;
- 5 — сократительные вакуоли;
- 6 — жгутики

размножении в результате митотических делений клетки образуются 2, 4 или 8 подвижных *зооспор*, служащих для расселения. Половое размножение сопровождается формированием в материнских клетках похожих на зооспоры гамет со жгутиками, которые затем сливаются. Из зиготы хламидомонады в результате мейоза образуется сразу четыре гаплоидных дочерних особи.

Хлорелла — одноклеточная безжгутиковая пресноводная водоросль с чашевидным хлоропластом сферической формы. Размножение хлорелл осуществляется исключительно бесполым способом.

Хламидомонада и хлорелла широко используются в лабораторных исследованиях.

Вольвокс — пресноводная колониальная водоросль сферической формы. Её клетки расположены в плотной слизи в один слой, а внутреннее пространство колонии заполнено жидкой слизью. Клетки вольвокса соединены между собой цитоплазматическими мостиками. Вольвокс размножается вегетативным и половым способом. При вегетативном размножении внутри материнской колонии образуется дочерняя, освобождающаяся только после гибели первой.

Спирогира (рис. 107) — многоклеточная нитчатая пресноводная водоросль со спирально закрученными лентовидными хлоропластами. Для неё характерен особый половой процесс — конъюгация.

Улотрикс — небольшая (до 10 см) многоклеточная нитчатая водоросль, сплошь обрастающая подводные объекты в реках и ручьях. Слоевище улотрикса прикрепляется к субстрату с помощью вытянутой клетки — *ризоида*. Улотрикс размножается вегетативно (частями нити), бесполым (зооспорами) и половым способом (рис. 108).



Рис. 108. Спирогира

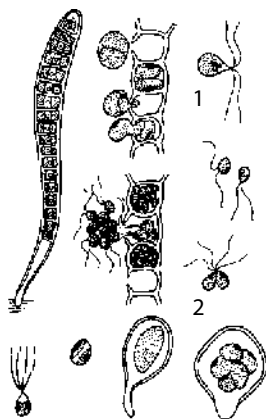


Рис. 109. Размножение улотрикса:
1 — бесполое; 2 — половое

Ульва, или «морской салат», — многоклеточная пластинчатая морская водоросль, используемая в пищу.

Водоросли являются важным звеном в цепях питания, принимают участие в круговороте веществ. Они употребляются в пищу человеком, используются в качестве лекарственных препаратов, на корм скоту, как удобрение, являются индикаторами загрязнения окружающей среды и т. д. Из них получают агар-агар — вещество с желеобразующими свойствами, йод, бром и другие вещества. Однако водоросли могут также вызывать «цветение» воды, приводящее к замору рыбы и других водных животных.

Типовые задания



Какие растения являются источником агар-агара?

- 1) красные водоросли
- 2) папоротники
- 3) зелёные водоросли
- 4) голосеменные

► Ответ. 1.



У водорослей, в отличие от высших растений

- 1) имеются ткани и органы
- 2) споры могут быть подвижными
- 3) отсутствуют корни
- 4) происходит двойное оплодотворение

► Ответ. 2.



Все приведённые ниже термины, кроме двух, используются для описания бурых водорослей. Определите два термина, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) хлорофилл
- 2) многоклеточные
- 3) конъюгация
- 4) ризоиды
- 5) пресноводные

► Ответ. 35.

4.8. ВЫСШИЕ СПОРОВЫЕ РАСТЕНИЯ

Основные понятия и термины

- ▶ **Высшие споровые растения** — высшие растения, размножающиеся преимущественно спорами.
- ▶ **Моховидные** — небольшие высшие споровые растения, не образующие настоящих корней; в их жизненном цикле преобладает гаплоидная стадия.
- ▶ **Плауновидные** — отдел высших споровых растений с настоящими корнями, заросток которых в основном развивается под землёй.
- ▶ **Хвощевидные** — отдел высших споровых растений с членистыми и мутовчато ветвящимися побегами с раздельнополыми наземными заростками.
- ▶ **Папоротниковидные** — отдел высших споровых растений с особыми листовидными образованиями — *вайями*.
- ▶ **Предросток** — нитевидное или пластинчатое образование, прорастающее из спор мхов и дающее начало новым взрослым растениям.
- ▶ **Заросток** — небольшое пластинчатое образование, прорастающее из спор плаунов, хвощей и папоротников, на котором образуются гаметы.

Объяснение и важные примеры

Отличительными особенностями высших споровых растений являются бесполое размножение спорами в плотной оболочке, а также зависимость от воды в процессе оплодотворения. К данной группе относят мхи, плауны, хвощи и папоротники.

4.8.1. Отдел Моховидные

Мхи — небольшие растения, обитающие в основном во влажных местах. Настоящих корней они не образуют, прикрепляясь к почве при помощи *ризоидов*. Мхи делят на печёночные и листостебельные.

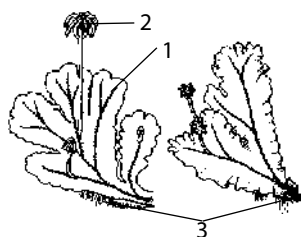


Рис. 110. Маршанция:
1 — слоевище; 2 — выросты-подставки; 3 — ризоиды

Тело печёночных мхов представляет собой разветвлённое слоевище, как у наземной *маршанции* (рис. 109) и обитающей в воде, в том числе в аквариумах, *риччии*.

Тело листостебельных мхов расчленено на стебли и листья, к ним относятся *кукушкин лён* и *сфагнум*.

Кукушкин лён, или *политрихум*, — зелёный мох, зачастую образующий сплошной покров на сырой почве в лесах, на лугах и болотах (рис. 110). Он двудомен: на верхушках женских растений образуются яйцеклетки, а мужских — сперматозоиды. После оплодотворения на женском растении образуется спорангий в виде коробочки с крышечкой и колпачком на ножке. Зрелые споры разлетаются и прорастают в подземные нити — предростки, дающие начало новым растениям.

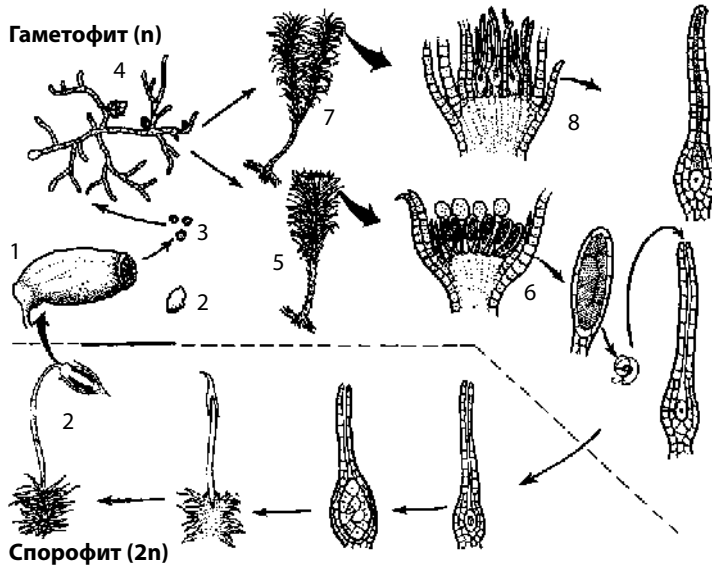


Рис. 111. Схема жизненного цикла кукушкиного льна:

1 — коробочка; 2 — колпачок; 3 — споры; 4 — предросток; 5 — мужской организм; 6 — мужские половые органы; 7 — женский организм; 8 — женские половые органы

Сфагнум — белый болотный мох, большинство клеток листочков которого накапливают воду. В отличие от кукушкина льна, растения сфагнума однодомные.

Мхи защищают почвы от высыхания и эрозии, а отмирая, участвуют в образовании торфа. Торф используется как топливо, удобрение и промышленное сырье. Мхи способствуют заболачиванию почв из-за образования сплошного покрова, а также вытесняют травы.

4.8.2. Отдел Плауновидные

Плауны — многолетние травянистые растения, у которых впервые появились проводящие и механические ткани.

В хвойных лесах часто встречается *плаун булавовидный* с вечнозелёными стелющимися и поднимающимися побегами, густо

усаженными мелкими шиловидными листочками (рис. 111). На побеге плауна образуются тонкие придаточные корни. Споры у плауна созревают в спороносных колосках на верхушках побегов. После высыпания из спор вырастают гаметофиты, ведущие подземный образ жизни в течение 6–20 лет, до образования на них половых органов. Оплодотворение происходит с участием воды. Из зиготы вырастает новое растение.

В прошлом плауновидные были широко распространены и играли важную роль в наземных экосистемах. Их останки впоследствии образовали залежи каменного угля. В наше время споры плаунов используют в качестве детской присыпки, для обсыпки литейных форм, в пиротехнике и фармации. Ими украшают пасхальные корзинки.

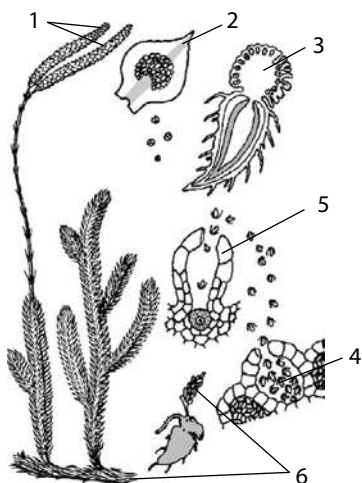


Рис. 112. Схема жизненного цикла плауна булавовидного:

1 — спороносные колоски; 2 — листочек со спорангиями; 3 — заросток; 4 — мужской половой орган со сперматозоидами; 5 — женский половой орган с яйцеклеткой; 6 — растение со спорангиями

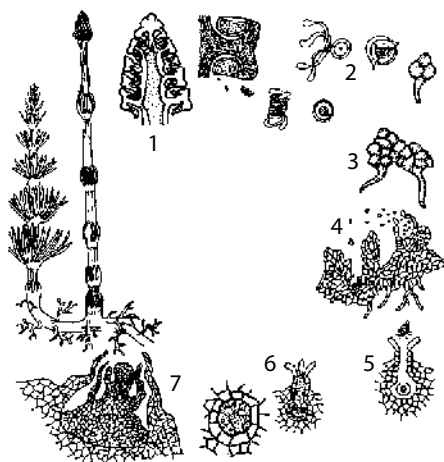


Рис. 113. Схема жизненного цикла хвоща полевого:

1 — спороносный колосок; 2 — споры с выростами; 3 — прорастание спор; 4 — мужской половой орган со сперматозоидами; 5 — женский половой орган с яйцеклеткой; 6, 7 — развитие спороносного растения

4.8.3. Отдел Хвощевидные

Современные хвощи — многолетние травянистые растения, образующие длинные ветвящиеся корневища с придаточными корнями. Их типичным представителем является *хвощ полевой* (рис. 112).

Побеги хвоща расчленены на узлы и междоузлия. В узлах расположены мутовки побегов и крошечные чешуевидные листочки. У хвощей функцию фотосинтеза выполняют только стебли. Стебель

пропитан кремнезёмом, что делает его очень жёстким и несъедобным для животных. Весной у хвоща появляются бурые побеги со спороносными колосками на верхушке, а летний побег — зелёный, не образующий спор.

Хвощи сыграли важную роль в образовании залежей каменного угля, их применяют в качестве абразивного средства для чистки посуды и шлифовки различных изделий, как лекарственное средство. Они являются индикаторами кислых почв, могут быть ядовитыми и злостными сорняками.

4.8.4. Отдел Папоротниковидные

К папоротниковидным относят около 12000 видов споровых растений, долгоживущий спорофит которых имеет крупные, часто сильно рассечённые черешковые листовидные побеги — *вайи*. Вайи папоротников бывают простыми и перисто-рассечёнными, имеют длину от 2 мм до 6 м. Особенностью листьев папоротников является длительное нарастание верхушкой, молодой лист свёрнут улиткой и постепенно раскручивается. Папоротники распространены повсеместно, особенно в тропиках, ряд представителей отдела освоил водную среду (*марсилия*, *сальвиния*).

Спороносное растение папоротников умеренного климата имеет корневище с придаточными корнями и хорошо развитую розетку листьев (рис. 113), а в южных областях планеты встречаются древовидные и лиановидные формы этих растений.



Рис. 114. Папоротник щитовник мужской

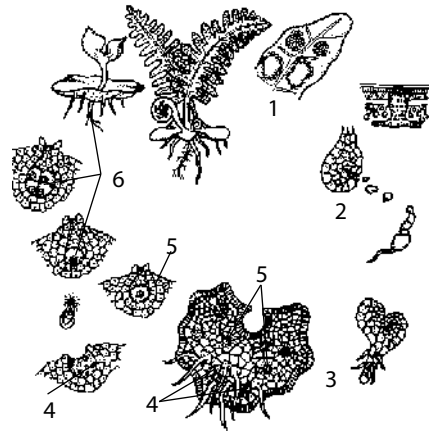


Рис. 115. Жизненный цикл папоротника: 1 — сорусы; 2 — высыпание и прорастание спор; 3 — заросток; 4 — мужские половые органы; 5 — женские половые органы; 6 — развитие спороносного растения

На нижней стороне зрелых листьев могут образовываться многочисленные спорангии, собранные в группы — *сорусы*, иногда даже прикрытые специальным покрывальцем — *индузием*.

Созревшие споры рассеиваются с помощью ветра, из них вырастают небольшие сердцевидные пластинки с ризоидами — *заростки* — до 1 см в диаметре. На нижней стороне заростка с ризоидами образуются яйцеклетки и сперматозоиды (рис. 114).

В России произрастает около 100 видов папоротников, в том числе *щитовник мужской*, *кочедыжник женский*, *орляк*, *страусник обыкновенный* и др.

Папоротники сыграли значительную роль в образовании залежей каменного угля, а в настоящее время используются в пищу, как лекарственные и декоративные растения, как удобрение. Представители отдела популярны в качестве декоративных растений. Некоторые папоротники (*марсиллии*) культивируются как аквариумные растения.

Типовые задания



Высшие споровые растения, имеющие вайи, — это

- 1) Моховидные
- 2) Хвощевидные
- 3) Плауновидные
- 4) Папоротниковидные

► Ответ. 4.



В образовании торфа ведущую роль играют

- 1) мхи
- 2) плауны
- 3) хвощи
- 4) папоротники

► Ответ. 1.



Установите последовательность размножения папоротника:

- 1) формирование сперматозоидов и яйцеклетки на заростке;
- 2) прорастание спор;
- 3) оплодотворение с помощью воды;
- 4) развитие из зиготы взрослого растения;
- 5) формирование спор в сорусах;
- 6) рассеивание спор.

► Ответ. 562134.

4.9. СЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

Основные понятия и термины

- ▶ **Семенные растения** — высшие растения, образующие семена.
- ▶ **Голосеменные** — отдел семенных растений, семязачатки и семена которых лежат открыто.
- ▶ **Покрытосеменные** — отдел семенных растений, для которых характерны наличие цветков и плодов, а также двойное оплодотворение.

Объяснение и важные примеры

Семенные растения являются господствующей в настоящее время группой растений. Их широкое распространение в значительной степени обусловлено возникновением семени, которое развивается из семязачатка, а также независимостью полового процесса от капельножидкой влаги.

Оплодотворению у семенных предшествует *опыление* — перенос пыльцевого зерна с помощью ветра или иных факторов к семязачатку. В результате оплодотворения из семязачатка формируется *семя* — многоклеточное образование, содержащее зародыш, запас питательных веществ и достаточно прочные покровы, что обеспечивает ему возможность сохраняться длительное время до наступления благоприятных условий. В целом семенные характеризуются более совершенным строением тканей и органов, в частности сформированным главным корнем.

К семенным растениям в настоящее время относят два отдела высших растений: Голосеменные и Покрытосеменные, или Цветковые.

4.9.1. Отдел Голосеменные

К голосеменным относят около 800 видов семенных растений, не формирующих цветков и плодов. Голосеменные — преимущественно древесные, исключительно наземные растения, многие из которых образуют леса в различных частях света. Рост стебля и корня голосеменных в толщину обеспечивается делением клеток камбия. Их стебли и корни могут покрываться пробкой, что нехарактерно для высших споровых.

Характерный представитель голосеменных — *сосна обыкновенная* — дерево высотой до 30–40 м. На её удлинённых побегах расположены укороченные несущие пучки из двух листьев-хвоинок.

Сосна — вечнозелёное растение, хвоинки живут 2–3 года. Ткани (мякоть листа, первичная кора, луб и древесина) пронизаны смоляными ходами с живицей, выполняющей защитную функцию. Хвоинки выделяют летучие бактерицидные вещества — *фитонциды*.



Рис. 116. Мужские шишки сосны

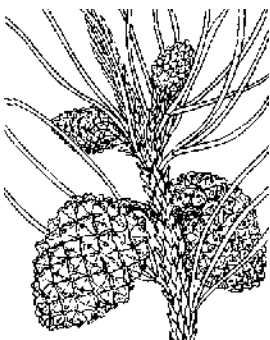


Рис. 117. Женские шишки сосны

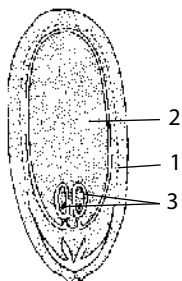


Рис. 118. Семязачаток голосеменных:

- 1 — интегумент;
- 2 — женский гаметофит;
- 3 — архегонию с яйцеклетками

Сосна — разноспоровое растение. На нижней стороне чешуек зеленовато-жёлтых мужских шишек (рис. 115), лежащих в основании развивающихся побегов, весной образуются пыльцевые мешки с пыльцой. Пыльцевое зерно голосеменных состоит из двух клеток — вегетативной и генеративной — и зачастую имеет два воздушных мешка для облегчения переноса ветром. На чешуйках красноватых женских шишек (рис. 116), находящихся на концах развивающихся побегов, образуется по два семязачатка (рис. 117).

При попадании пыльцевого зерна на женскую шишку, его вегетативная клетка образует пыльцевую трубку, по которой начинают двигаться два спермия (мужские гаметы), образовавшиеся в результате деления генеративной клетки. Рост трубки вскоре приостанавливается, а шишка зеленеет, деревенеет и разрастается. Через год после опыления в семязачатках созревают яйцеклетки, а пыльцевая трубка дорастает до них. Один спермий оплодотворяет яйцеклетку, а оставшиеся спермий и яйцеклетка погибают. Из зиготы формируется зародыш ($2n$), из других клеток семязачатка — первичный эндосперм (n), который содержит запас питательных веществ, а покров семязачатка превращается в семенную кожуру ($2n$) с крыловидным выростом. При открывании шишки семена разлетаются.

Помимо сосны, к голосеменным относят *ель*, *лиственницу*, *можжевельник* и др.

Ели — высокие деревья с пирамидальной кроной. Хвоинки ели намного короче, чем у сосны. Они жёсткие на ощупь и сидят по одной на удлинённых побегах. Хвоинки могут

жить более 10 лет, после чего опадают. Ветви елей сохраняются всю жизнь, поэтому еловые леса относят к тёмным. Шишки елей понижающие, опыление, оплодотворение и созревание семян у них происходят в течение одного года. Корневая система елей поверхностная, поэтому при сильном ветре растения выворачиваются вместе с корнем. Наиболее обычны в России *ель обыкновенная* и *ель сибирская*.

Лиственницы — высокие деревья с ежегодно опадающей хвоей, собранной по 10–12 штук на укороченных побегах. Их шишки созревают и раскрываются в тот же год, когда произошло опыление, но остаются на ветвях ещё в течение нескольких лет. Древесина лиственниц чрезвычайно прочна и не боится влаги, что позволяет широко использовать её в строительстве.

Можжевельник — род невысоких растений, среди которых имеются как невысокие деревья, так и кустарники, в том числе и стелющиеся. Их хвоинки имеют игловидную или чешуевидную формы, а чешуйки шишек срастаются, образуя шишкочагоды.

Значение голосеменных в природе и жизни человека трудно переоценить, поскольку они образуют обширнейшие леса на севере нашей страны, в Северной Америке и на островах Тихого океана, обеспечивая приток органического вещества и обогащение атмосферы кислородом. Древесина голосеменных широко используется в строительстве, для изготовления бумаги; смола и канифоль, полученные из них, широко применяются в химической и лакокрасочной промышленности; из листьев хвойных получают витамин С, а декоративные формы используют в зелёном строительстве. Семена некоторых хвойных съедобны.

4.9.2. Отдел Покрытосеменные, или Цветковые растения

К покрытосеменным относят примерно 250 тыс. видов наиболее совершенных по своей организации современных растений. Их цветок защищает семязачаток от воздействия неблагоприятных факторов, находящийся в завязи пестика и тычинки, а также способствует процессу оплодотворения, привлекая опылителей и обеспечивая перенос пыльцы на рыльце пестика, а не на семязачаток. Повреждению или преждевременному прорастанию семени цветковых препятствует околоплодник, вследствие чего оно может длительное время сохранять жизнеспособность.

Классы Покрытосеменных

Общая характеристика

В настоящее время выделяют два класса цветковых — однодольные и двудольные. Для безошибочного определения принадлежности растения к тому или иному классу следует учитывать совокупность признаков, обобщённых в табл. 4.

Таблица 4

Основные различия представителей двудольных и однодольных

Признак	Класс Двудольные	Класс Однодольные
Зародыш	Семядоли обычно две	Семядоля обычно одна
Корневая система	Обычно стержневая	Обычно мочковатая
Жизненная форма	Древесные, кустарниковые или травянистые растения	В основном травы (за исключением пальм и агав)
Стебель	Чётко выражены кора и сердцевина, имеется камбий	Кора и сердцевина неясно выражены, камбий отсутствует
Листья	Простые или сложные, обычно черешковые. Жилкование перистое или пальчатое	Всегда простые, часто сидячие или влагалищные. Жилкование параллельное или дуговое
Цветок	Число членов цветка в основном кратно 5 или 4	Число членов цветка в основном кратно 3

Наиболее важными характеристиками семейств покрытосеменных являются строение цветка и плода.

Исключениями являются представитель однодольных *вороний глаз* (рис. 118) с сетчатым жилкованием листьев и относящийся к двудольным *подорожник* (рис. 119) с дуговым жилкованием и мочковатой корневой системой.

Класс Двудольные

К классу двудольных относят большую часть цветковых растений, в том числе семейства бобовых, крестоцветных, паслёновых, розоцветных и сложноцветных.

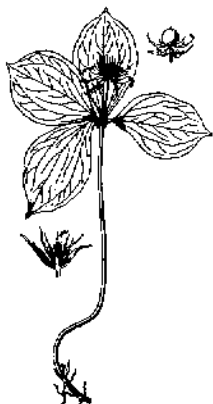


Рис. 119. Вороний глаз



Рис. 120. Подорожник

Семейство розоцветных включает более 3 тыс. видов, в основном распространённых в Северном полушарии. Деревья, кустарники и многолетние травы с очередным листорасположением. Листья розоцветных простые или сложные, с прилистниками. Соцветия — кисть, простой зонтик или щиток. Обоеполые цветки розоцветных имеют двойной околоцветник, образованный пятью чашелистиками и пятью лепестками. Число тычинок неопределённое. Плоды розоцветных — костянка, яблоко, однако у них могут образовываться и сборные плоды, такие как многокостянка малины или многоорешек земляники либо шиповника. К ним относятся плодово-ягодные (яблоня, груша, слива, вишня, малина, клубника), лекарственные (рябина, шиповник) и декоративные растения (роза, боярышник).

Семейство бобовых, или *мотыльковых*, насчитывает около 18 тыс. видов. На корнях многих бобовых образуются клубеньки (симбиоз с азотфиксирующими клубеньковыми бактериями), способствующие обогащению почвы доступными для растения формами азота. Деревья, кустарники, лианы и травы. Для бобовых характерно очерёдное листорасположение. Листья в основном сложные (тройчатые, пальчатые, перисто- или пальчатосложные), с хорошо различимыми прилистниками. Соцветия — кисть, головка или метёлка. Цветки обоеполые, опыляются насекомыми, хотя встречается и самоопыление (горох, соя). Околоцветник чаще двойной, со сростнолистной чашечкой из пяти чашелистиков. Верхний лепесток венчика в таком цветке носит название паруса, боковые — вёсел, а нижние лепестки срастаются по краю и образуют лодочку. Такой тип цветка называется *мотыльковым*. Тычинок чаще всего 10, из них 9 срастаются, а одна остаётся свободной. Пестик один. Семена

бобовых имеют большой зародыш с развитыми семядолями, в основном без эндосперма. Плод — боб. Используются в пищу (*горох, фасоль, соя, бобы, чечевица, арахис*), на корм скоту (*клевер, люпин, люцерна*), как медоносы и в медицине (*донник, солодка*). Некоторые бобовые имеют декоративное значение (*карагана, или жёлтая акация, робиния, или белая акация, люпин, душистый горошек, глициния*) и ценную древесину.

Семейство крестоцветных, или *капустных*, включает около 3 тыс. видов. Распространены в Северном полушарии. В основном это двулетние и многолетние травы. Стебли крестоцветных часто укороченные, очерёдные листья собраны в прикорневую розетку. Листья простые, часто рассечённые, без прилистников, во многих случаях опушённые. Корни могут образовывать корнеплоды (*редис, редька*). Цветки крестоцветных собраны в верхушечные соцветия — кисть или щиток. Околоцветник двойной, чашечка и венчик состоят из 4 листочков, расположенных крестообразно (отсюда название семейства). Тычинок обычно 6, причём 4 тычинки длиннее остальных двух. Пестик один. Плод крестоцветных — стручок или стручочек. К крестоцветным относятся пищевые (*капуста, редис, редька, горчица, хрен*), кормовые (*турнепс, брюква*), технические масличные (*рапс, горчица, рыжик*), лекарственные (*икотник, пастушья сумка*), декоративные (*левкой, резеда*), медоносные и сорные растения (*сурепка, пастушья сумка*).

Семейство паслёновых объединяет 90 родов и около 3 000 видов, распространённых по всей суше, за исключением приполярных тундр. Наибольшее видовое разнообразие характерно для тропиков Южной Америки. В основном паслёновые — травы, кустарники или небольшие деревья со стеблями вильчатого ветвления. Листорасположение очерёдное. Листья простые, цельные или непарноперисто-рассечённые. Некоторые представители семейства образуют клубни. Цветки паслёновых обоеполые, правильные, расположены по одному или собраны в соцветия — кисть, завиток, метёлка. Околоцветник двойной, со сростнолистной чашечкой и спайнолепестным венчиком. Тычинок обычно 5, они срастаются, образуя подобие трубки вокруг единственного пестика. Плод — ягода или вскрывающаяся коробочка. Среди них есть овощные (*картофель, перец, помидоры, баклажаны*), технические (*табак, махорка*), лекарственные и ядовитые (*белена, дурман, белладонна*) и декоративные (*петуния, душистый табак*) растения.

Семейство сложноцветных, или *астровых*, включает около 25 тыс. видов. Большинство представителей — однолетние или

многолетние травы. Листья сложноцветных простые, цельные или рассечённые. Листорасположение очерёдное или супротивное. Цветки всегда собраны в соцветие — корзинку, содержащую от одного до 1 тыс. и более цветков. Корзинки могут быть собраны в более сложное соцветие — кисть, метёлку или головку. Чашечка в основном редуцируется. В венчике цветка в основном пять сросшихся лепестков. Различают трубчатые, язычковые, ложноязычковые и воронковидные цветки. Плод сложноцветных — семянка, часто снабжённая хохолком или шипиками. К сложноцветным относятся масличные и овощные культуры (*подсолнечник, топинамбур, цикорий, артишок, полынь-эстрагон*), лекарственные (*девясил, календула, тысячелистник, мать-и-мачеха, пижма, череда*), декоративные (*георгины, хризантемы, астра, маргаритки*) и сорные (*осот, василёк, одуванчик, бодяк*) растения.

Класс Однодольные

Класс однодольных подразделяется на 122 семейства, примерно 3 100 родов и около 63 000 видов. Основными семействами однодольных являются злаки, луковые и лилейные.

Семейство злаков, или *мятликовых*, — одно из крупнейших семейств однодольных, насчитывающее до 11 тыс. видов. Все они — травянистые растения. Стебель злаков — *соломина*, состоящая из плотных утолщённых узлов, от которых отходят листья, и полых междоузлий. Для злаков характерен *вставочный* рост вследствие деления клеток в основании каждого междоузлия. Листья линейные или узколанцетные, с параллельным жилкованием, основание которых образует влагалище. У большинства злаков у основания растения образуются многочисленные боковые побеги, от которых отходят придаточные корни, формирующие мочковатую корневую систему.

Цветки злаков ветроопыляемые, мелкие, невзрачные, обоепальные, собраны в колоски, образующие более сложные соцветия — сложный колос, метёлку, султан или початок. У основания каждого колоска находятся две колосковые чешуи. Количество цветков в колоске колеблется от одного до 15. Цветки с верхней и нижней стороны прикрыты цветковыми чешуями, имеют 2–3 цветочные плёнки, 3 тычинки и двуветвистое рыльце пестика. Тычинки и рыльце пестика свешиваются за пределы цветка. Плод злаковых — зерновка.

К злаковым относятся зерновые (*пшеница, рожь, ячмень, овёс, рис, кукуруза*), технические (*сахарный тростник*) и кормовые культуры (*тимофеевка, костёр, мятлик*), а также сорняки (*пырей, овсюг*).

Семейство лилейных включает в основном многолетние травянистые растения с корневищами или луковицами. Листья простые, линейные, с параллельным или дуговым жилкованием, часто сидячие или влагалищные. Цветки одиночные или собраны в соцветия — кисти или простые зонтики. Цветки обоеполые, венчиковидные. Листочков околоцветника шесть, расположены в два круга. Тычинок также шесть в два круга, пестик один. Плод лилейных — коробочка или ягода. Среди лилейных есть овощные (*спаржа*), лекарственные (*ландыш, купена, чемерица, алоэ, вороний глаз*) и декоративные (*лилия, тюльпан, гиацинт*) растения.

Семейство луковых включает луковичные или корневищные травы. Листья обычно сидячие, линейные или трубчатые. Цветки чаще белые, собраны в соцветие — простой зонтик. Цветки похожи на цветки лилейных. Плод — коробочка. К луковым относятся пищевые (*лук репчатый, лук-батун, лук-порей, чеснок, черемша*), лекарственные (*чеснок*) и декоративные (*агапантус, лук Суворова*) растения.

4.9.3. Роль растений в природе и жизни человека

Растения превращают энергию солнечных лучей в доступную для всех живых организмов форму. В год они образуют $5,8 \times 10^{10}$ т органического вещества и $11,5 \times 10^{10}$ т кислорода, причём до 1/4 этих веществ на планете производят водоросли.

Растения являются первым звеном в цепях питания различных экосистем, начиная от водоёмов, где фитопланктон поглощается многочисленными одноклеточными и многоклеточными животными, и заканчивая наземными экосистемами, в которых растительные ресурсы эксплуатируются не только растительноядными животными, но и паразитическими бактериями, грибами, животными и даже растениями.

Растения являются для многих животных средой обитания.

Из остатков растений за миллионы лет образовались залежи полезных ископаемых, таких как торф, каменный и бурый уголь, нефть.

Синтезированные растениями органические вещества имеют огромное значение в почвообразовании — растительные остатки образуют гумус, склеивающий неорганические частички в гранулы, создающий структуру почвы и предотвращающий её смыв и эрозию.

Белика роль растений в биогеохимическом круговороте веществ в природе.

Растительность существенно влияет на климат планеты, формируя температурный режим: за счёт значительного поглощения углекислого газа произошло уменьшение так называемого парникового эффекта и снижение температуры до современного уровня. Человек широко использует растительные ресурсы. Из огромного разнообразия царства растений особое значение для человека имеют растения, дающие пищу, одежду, топливо, строительный материал, сырьё для различных отраслей промышленности: пищевой, текстильной, бумажной, химической и др.

Большая часть растений, необходимых человеку, введена в культуру. В последнее время всё более широкие перспективы открываются в использовании растений в производстве биотоплива, например, в Европе и в России как наиболее приемлемый его источник рассматривается рапс.

Типовые задания



В какой последовательности расположены организмы в порядке их эволюционного усложнения?

- 1) политрихум → улотрикс → тюльпан → орляк → тисс
- 2) политрихум → орляк → ель → тюльпан → улотрикс
- 3) улотрикс → политрихум → орляк → ель → тюльпан
- 4) орляк → улотрикс → политрихум → ель → тюльпан

► Ответ. 3.



Формула цветка $\text{Ч}_{(5)}\text{Л}_{1+2+(2)}\text{Т}_{(9)+1}\text{П}_1$ характерна для большинства представителей семейства

- | | |
|------------------|----------------|
| 1) Крестоцветных | 3) Розоцветных |
| 2) Паслёновых | 4) Бобовых |

► Ответ. 4.



Прочитайте текст о семействе паслёновых. Выберите три предложения, «выпадающих» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

Паслёновые — семейство однодольных растений. (2) Цветки у паслёновых обоеполые, с двойным околоцветником. (3) Чашечка состоит из 5 сросшихся чашелистиков, а венчик — из 5 сросшихся лепестков. (4) В цветке 5 тычинок и 1 пестик, завязь которого имеет много семязачатков. (5) Плод у паслёновых — стручок или стручочек. (6) Все органы большинства паслёновых содержат ядовитые вещества, главным образом соланины. (7) К паслёновым относятся пищевые (капуста, редис,

редька), технические (рапс, горчица), лекарственные (икотник, пастушья сумка), декоративные (левкой, резеда) и сорные растения (сурепка, пастушья сумка).

► Ответ. 157.

4.10. ЦАРСТВО ЖИВОТНЫХ

4.10.1. Подцарство Простейшие

Основные понятия и термины

- **Простейшие** — подцарство животных, объединяющее одноклеточных и колониальных представителей.
- **Саркожгутиковые** — тип простейших, органеллами движения которых являются ложноножки или жгутики.
- **Инфузории** — тип простейших животных, имеющих реснички и два ядра — большое и малое.
- **Пелликула** — уплотнённый наружный слой цитоплазмы ряда простейших, позволяющий им поддерживать постоянную форму тела.
- **Ложноножки (псевдоподии)** — временные выпячивания цитоплазмы, осуществляющие функцию движения и захвата пищи.
- **Таксис** — направленное перемещение одноклеточного организма к чему-либо или от чего-либо, например фототаксис.
- **Циста** — временная покоящаяся форма существования, заключённая в плотную оболочку.

Объяснение и важные примеры

Общая характеристика царства

К животным относят около 2 млн видов эукариотических организмов. Характерными признаками животных являются гетеротрофный тип питания, способность к активному передвижению, или локомоции, а также ограниченный, или закрытый рост. Животные клетки имеют клеточный центр и гликокаликс, запасное вещество — гликоген.

Животные освоили все среды обитания: наземно-воздушную, почвенную, водную и внутреннюю среду других организмов.

В настоящее время принято деление царства животных на два подцарства: Одноклеточные и Многоклеточные. Система животного мира отображена на рис. 120.



Рис. 121. Классификация животного мира

Общая характеристика подцарства Одноклеточные, или Простейшие

Клетки простейших выполняют все функции целостного организма и, следовательно, являются организмами клеточного уровня организации.

Количество видов одноклеточных колеблется от 40 до 70 тыс. Ряд простейших имеет наружную или внутреннюю раковинку. Движение одноклеточных обеспечивается при помощи временных выростов — *ложноножек (псевдоподий)*, или органоидов движения — *жгутиков* или либо *ресничек*. У пресноводных видов имеются сократительные вакуоли, осуществляющие функцию осморегуляции. Питание осуществляется в основном путём фагоцитоза или пиноцитоза. Переваривание пищи происходит в *пищеварительных вакуолях* с помощью ферментов лизосом. Среди одноклеточных имеются также автотрофы и миксотрофы.

Большинство свободноживущих одноклеточных — аэробы, а паразитические простейшие — в основном анаэробы. Для простейших характерна и раздражимость, выражающаяся в *таксисах*. Размножаются одноклеточные бесполым и половым способом.

При неблагоприятных условиях многие одноклеточные способны приобретать сферическую форму и покрываться плотными защитными оболочками, в результате чего формируются *цисты*. Цисты могут переноситься потоками воздуха и воды на большие расстояния, обеспечивая расселение этих организмов.

Основными типами одноклеточных являются Саркожгутиковые и Инфузории.

Характеристика основных типов одноклеточных

Тип Саркожгутиковые

К саркожгутиковым относят около 25 тыс. видов одноклеточных и колониальных организмов. К ним относятся автотрофные, миксотрофные и гетеротрофные организмы. Последние могут быть хищниками, паразитами, мутуалистами или сапротрофами. Тип делит на два подтипа: Саркодовые и Жгутиконосцы.

Подтип Саркодовые объединяет животных, не имеющих постоянной формы тела, которые передвигаются при помощи псевдоподий. Большинство саркодовых — свободноживущие водные и почвенные виды (*амёба протей*, *раковинные амёбы* и *фораминиферы*, *радиолярии* (*лучевики*)), но встречаются паразиты животных и человека (*амёба дизентерийная*).

Амёба протей — свободноживущее одноклеточное животное диаметром до 0,5 мм, обитающее в придонной части пресноводных водоёмов. Она не имеет постоянной формы тела, так как всё время образует выросты тела — *ложноножки*.

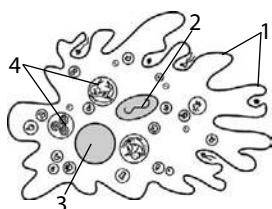


Рис. 122. Амёба протей:

- 1 — ложноножки;
- 2 — ядро;
- 3 — сократительная вакуоль;
- 4 — пищеварительные вакуоли

Они служат для движения и захвата пищи. Под микроскопом в цитоплазме амёбы можно различить ядро, пищеварительные и сократительную вакуоли (рис. 121).

Питается амёба одноклеточными животными, водорослями, бактериями и органическими остатками, фагоцитируя их. Непереваренные остатки пищи выводятся через цитоплазматическую мембрану. Избыток воды и растворённые в ней конечные продукты обмена удаляются с помощью сократительных вакуолей. Размножается амёба протей бесполом способом — делением надвое. Для амёбы характерны *таксисы*: она перемещается по направлению к пище, но удаляется от кристаллика соли и ярких лучей света. При неблагоприятных условиях амёбы образуют *цисты*.

Амёба дизентерийная — паразит толстого кишечника, вызывающий амёбную дизентерию с кровавым поносом. Заражение происходит цистами при потреблении загрязнённой пищи или воды.

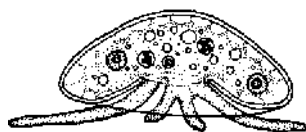


Рис. 123. Арцелла

Раковинные амёбы относятся к свободноживущим. Они имеют наружный скелет — раковинку из органического вещества (рис. 122). Размножаются делением надвое. Обитают они в пресных водоёмах, сфагновых болотах и в почве.

Фораминиферы — морские свободноживущие саркодовые, имеющие известковые раковинки. Раковинки фораминифер образовали осадочные породы (известняки и мел), применяемые в качестве строительных материалов. В настоящее время раковинки фораминифер используются для определения возраста геологических пластов, а также для поисков нефтеносных пластов.

Радиолярии — исключительно морские свободноживущие одноклеточные, имеющие внутренний минеральный скелет. Скелеты радиолярий образовали некоторые осадочные породы.

Подтип Жгутиконосцы объединяет животных с одним или несколькими жгутиками и *пелликулой*. Размножаются они в основном бесполым способом — делением надвое. Питание жгутиконосцев может быть гетеротрофным, автотрофным или миксотрофным. К жгутиконосцам относятся *эвглена зелёная*, *хламидомонада*, *вольвокс*, *трипаносомы*, *лейшмании*, *лямблии* и др.

Эвглена зелёная (рис. 123) имеет ядро, хлоропласты, сократительную вакуоль, один жгутик и «глазок». Её относят к *миксотрофам*, так как на свету у неё преобладает автотрофный способ питания (фотосинтез), а в темноте она переходит к гетеротрофному. Обитает в пресных водоёмах. Эвглена перемещается по направлению к источнику света, т. е. обладает положительным *фототаксисом*.

Трипаносомы — опасные паразиты человека и животных, вызывающие *сонную болезнь*, или *трипаносомоз*, характерную для некоторых районов Африки. Переносчиками сонной болезни являются *мухи цеце*. Трипаносомы паразитируют в основном в крови и спинномозговой жидкости, вызывая постепенное угнетение жизненно важных функций организма хозяина.

Лейшмании — внутриклеточные паразиты человека, вызывающие *лейшманиозы* — язвенные поражения кожи и внутренних органов. Распространены в Средней Азии, Индии, Южной Америке. Переносчиками лейшманиоза являются москиты.

Лямблия — одноклеточный многожгутиковый паразит кишечника человека, вызывающий *лямблиоз*. Клетка паразита содержит два ядра. Поражает двенадцатиперстную кишку. Лямблиозом чаще болеют дети. Заражение происходит цистами с потреблением загрязнённой пищи или воды.

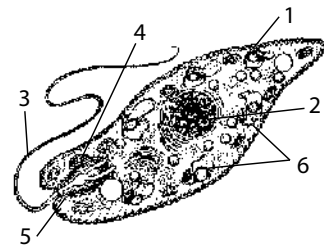


Рис. 124. Эвглена зелёная:

- 1 — пелликула;
- 2 — ядро;
- 3 — жгутик;
- 4 — «глазок»;
- 5 — клеточный рот;
- 6 — хлоропласты

Тип Инфузории

К инфузориям относят около 7 500 видов наиболее высокоорганизованных простейших (рис. 124).

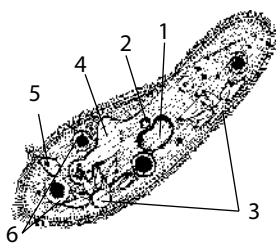


Рис. 125. Инфузория-туфелька:

- 1 — большое ядро;
- 2 — малое ядро;
- 3 — сократительные вакуоли;
- 4 — клеточная глотка;
- 5 — порошица;
- 6 — пищеварительные вакуоли

Клетки имеют пелликулу, обеспечивающую постоянство формы тела. Пища загоняется при помощи биения ресничек в клеточный рот, который связан с клеточной глоткой, затем от неё отшнуровываются пищеварительные вакуоли. Непереваренные остатки пищи выводятся из клетки через *порошицу*.

Для инфузорий характерно наличие двух ядер: *большого* и *малого*. Малое ядро содержит ДНК и участвует в половом процессе, а большое регулирует процессы жизнедеятельности клетки.

Размножаются инфузории в основном бесполым способом — делением надвое, однако у них известен и половой процесс — *конъюгация*. При конъюгации две особи сближаются, между ними образуется цитоплазматический конъюгационный мостик, большое ядро исчезает, малое делится мейотически, причём три из четырёх образовавшихся ядер исчезают, а оставшееся делится митозом. Инфузории передают друг другу по одному ядру, новые ядра сливаются с оставшимися, при этом возникает новая комбинация генетической информации, способствующая более успешному приспособлению организма к условиям окружающей среды. После конъюгации инфузории расходятся и размножаются бесполым способом (рис. 125).

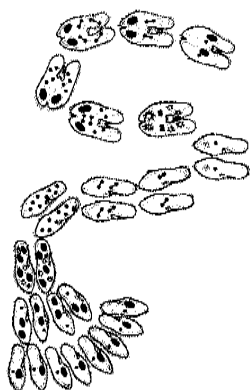


Рис. 126. Конъюгация и бесполое размножение у инфузорий

Большинство видов инфузорий — морские и пресноводные свободноживущие организмы, например *инфузория-туфелька* (рис. 124), *бурсария*, *гусёк*, *сувойка*, *трубач*, *стилонихия*, но среди них встречаются мутуалисты и паразиты человека и животных. Так, в желудке жвачных животных обитают инфузории, расщепляющие целлюлозу грубых растительных кормов. Обитающий в кишечнике свиней и крыс *балантидий* при попадании в организм человека вызывает кровавый понос. Заражение человека происходит путём проглатывания цист при нарушении правил гигиены питания.

Роль простейших в природе и жизни человека

Простейшие, обитающие в океанах, пресных водах, почве и высших организмах, занимают важное место в круговороте веществ в биосфере. Планктонные одноклеточные — важное звено в цепях питания водоёмов, вместе с бактериями принимают активное участие в процессах их самоочистки. Почвенные саркожгутиковые и инфузории играют значительную роль в процессах почвообразования, а из скелетов многих саркожгутиковых образовались некоторые осадочные породы. Симбиотические простейшие способствуют улучшению переваривания пищи у многих животных. В последнее время простейших стали использовать в хозяйственных целях для улучшения процессов очистки вод, почвообразования, биоиндикации, вскармливания мальков ценных пород рыб. Среди одноклеточных имеются и опасные паразиты, вызывающие заболевания, которые могут привести даже к смерти человека.

Самым распространённым на планете заболеванием, вызываемым простейшими, является *малярия*. Её возбудителем является *малярийный плазмодий*. Паразит проникает в кровь при укусе малярийного комара, затем размножается бесполым способом в клетках печени и эритроцитах крови, вызывая периодические (через двое-трое суток) скачки температуры, сопровождающиеся лихорадкой (рис. 126).

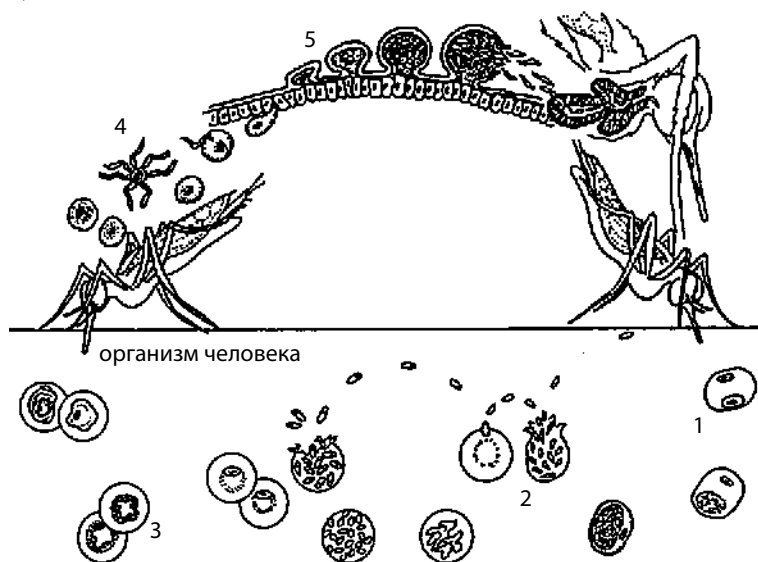


Рис. 127. Жизненный цикл малярийного плазмодия:

1 — бесполое размножение в клетках печени; 2 — бесполое размножение в эритроцитах; 3 — образование предшественников половых клеток; 4 — оплодотворение; 5 — развитие новых возбудителей

Типовые задания

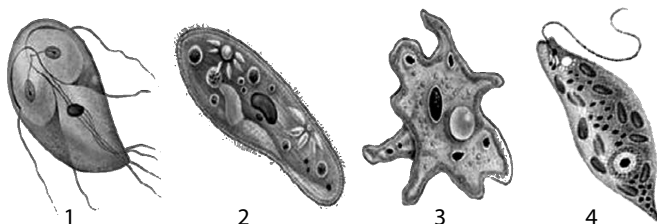
Частота пульсации сократительных вакуолей одноклеточных определяется

- 1) способом питания
- 2) концентрацией солей в окружающей среде
- 3) количеством непереваренных остатков в клетке
- 4) временем суток

► Ответ. 2.



Из представленных на рисунке организмов движение с помощью ложноножек характерно для:



1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

► Ответ. 3.



Установите последовательность процесса питания инфузории-туфельки. Запишите соответствующую последовательность цифр.

- 1) выброс непереваренных остатков через порошицу
- 2) попадание пищи в клеточную глотку
- 3) формирование пищеварительной вакуоли
- 4) фильтрация воды через рот в глотку
- 5) перемещение пищеварительной вакуоли в цитоплазме

► Ответ. 42351.

4.10.2. Общая характеристика подцарства Многоклеточные

Основные понятия и термины

- **Кишечнополостные** — тип двуслойных беспозвоночных животных, имеющих радиальную симметрию, кишечную полость и стрекательные клетки.
- **Плоские черви** — тип трёхслойных двустороннесимметричных бесполостных беспозвоночных животных, имеющих слепо

замкнутую пищеварительную систему; большинство видов — гермафродиты.

- ▶ **Круглые черви** — тип трёхслойных двустороннесимметричных беспозвоночных животных, имеющих первичную полость тела и сквозную пищеварительную систему; большинство видов — раздельнополые.
- ▶ **Кольчатые черви** — тип трёхслойных двустороннесимметричных сегментированных беспозвоночных животных, имеющих вторичную полость тела (целом), кровеносную и метанефридальную выделительную системы.
- ▶ **Моллюски** — тип несегментированных вторичнополостных животных, имеющих кожную складку — *мантию*, которая у большинства видов выделяет раковину.
- ▶ **Мезоглея** — слой студенистого межклеточного вещества между экто- и энтодермой кишечнополостных.
- ▶ **Рефлекс** — реакция организма, осуществляемая нервной системой в ответ на действие внешних или внутренних раздражителей.
- ▶ **Протонефридии** — органы выделения и осморегуляции бесполостных и первичнополостных животных.

Объяснение и важные примеры

У большинства многоклеточных организмов клетки формируют ткани и органы, а органы зачастую объединены в *системы органов* (опорно-двигательную, пищеварительную, дыхательную, кровеносную, выделительную, нервную, эндокринную и половую), обеспечивающих протекание важнейших процессов жизнедеятельности. Для многоклеточных характерно индивидуальное развитие, или онтогенез, который обусловлен чередованием одноклеточной (зиготы) и многоклеточной стадий в жизненном цикле при половом размножении. У них различают два типа симметрии тела: *радиальную*, или лучевую, и *билатеральную*, или двустороннюю.

Основные типы многоклеточных: Кишечнополостные, Плоские черви, Круглые черви, Кольчатые черви, Моллюски, Членистоногие и Хордовые.

Тип Кишечнополостные

К кишечнополостным относят свыше 10 тыс. видов одиночных и колониальных животных, обитающих в пресных и солёных водоёмах. Их жизненными формами являются *полип* и *медуза*. Полипы большую часть времени неподвижны или передвигаются, шагая или

кувыркаясь, а медузы обладают реактивным движением. Все они — хищники, имеющие специфические органы защиты и нападения — *стрекательные клетки*.

Характерный представитель типа — пресноводная *гидра* — небольшой (около 1 см) одиночный полип, имеющий вид стебелька, прикрепленного подошвой к субстрату. На верхнем конце тела расположен рот, окруженный 5–12 щупальцами (рис. 127).

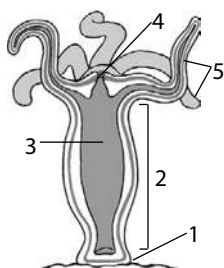


Рис. 128. Схема строения гидры:

- 1 — подошва;
- 2 — стебелек (тело);
- 3 — кишечная полость;
- 4 — рот;
- 5 — щупальца

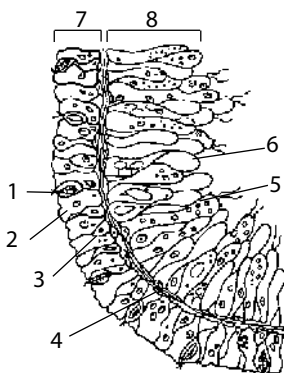


Рис. 129. Клеточное строение стенки тела гидры:

- 1 — стрекательная клетка;
- 2 — эпителиально-мускульная клетка;
- 3 — промежуточная клетка;
- 4 — мезоглея;
- 5 — пищеварительная клетка;
- 6 — железистая клетка;
- 7 — эктодерма;
- 8 — энтодерма

Наружный слой клеток тела гидры — *эктодерма* — образован эпителиально-мускульными, стрекательными, нервными и промежуточными клетками, а внутренний — *энтодерма* — железистыми, эпителиально-мускульными (пищеварительными), снабженными жгутиками, и промежуточными (рис. 128).

Из промежуточных клеток может образовываться любой тип клеток тела гидры. Между эктодермой и энтодермой залегает слой *мезоглеи*.

Стенки тела образуют кишечную полость, в которую ведёт рот. После обездвиживания жертвы при помощи *стрекательных клеток*, которые выстреливают стрекательную нить и впрыскивают нервнопаралитический яд, происходит захват пищи *щупальцами*. Добыча попадает в кишечную полость, где переваривается под действием ферментов железистых клеток и фагоцитируется пищеварительными.

Нервные клетки кишечнополостных образуют *нервную сеть*, позволяющую осуществлять *рефлексы*. Органы чувств кишечнополостных примитивны.

Размножение гидры может осуществляться вегетативно (*почкованием*) и половым способом. Гидра — гермафродит. При половом размножении половые клетки образуются в эктодерме, сперматозоиды выходят в воду и оплодотворяют неподвижную яйцеклетку. Зигота покрывается оболочкой и начинает дробиться, и в таком состоянии зародыш перезимовывает. Весной

выходит молодая гидра. Гидра обладает высокой регенерационной способностью.

Тип Кишечнополостные делят на три класса: Гидроидные, Сцифоидные медузы и Коралловые полипы.

Класс Гидроидные объединяет в основном морских кишечнополостных, нередко образующих колонии. В жизненном цикле преобладает полип, но многие виды образуют и раздельнополых медуз. Представители класса — *пресноводная гидра*, *португальский кораблик*, *обелия* и *крестовичок*.

Класс Сцифоидные медузы объединяет морских животных. Большая часть их жизненного цикла проходит в форме раздельнополых медуз. Представители: *аурелия*, *цианея*, *корнерот*.

Класс Коралловые полипы включает морских колониальных, реже одиночных кишечнополостных, развивающихся без смены поколений. Обитают преимущественно в тёплых морях. Многие имеют известковый скелет и являются рифообразователями. Представители: *актинии*, *благородные кораллы*, *морское перо*.

Роль кишечнополостных в природе и жизни человека. Кишечнополостные являются важным звеном в цепях питания водоёмов, участвуют в процессах биологической очистки морской воды, круговороте кальция в биосфере (коралловые рифы), образовании осадочных пород, их употребляют в пищу, используют для изготовления украшений и предметов искусства, получения строительных материалов и биологически активных веществ.

Тип Плоские черви

К плоским червям относят около 15 тыс. видов свободноживущих организмов и паразитов. Характерный представитель — *белая планария*.

Тело плоских червей покрыто однослойным эпителием, под которым располагается три слоя мышц (кольцевые, продольные и диагональные, образующих *кожно-мускульный мешок*). Полость тела у них отсутствует, промежутки между органами заполнены рыхлой тканью — *паренхимой*.

Пищеварительная система плоских червей образована ртом, глоткой и ветвистым кишечником. Анальное отверстие отсутствует, вследствие чего непереваренные остатки пищи выводятся через рот. Такая пищеварительная система называется *слепо замкнутой*.

Кровеносная и дыхательная системы у плоских червей отсутствуют. **Дыхание** аэробное или анаэробное, кислород поступает через поверхность тела.

Выделение осуществляется при помощи *протонефридиев* — выделительных трубочек с особыми выделительными клетками.

Нервная система — парные надглоточные нервные узлы и продольные нервные стволы. *Органы чувств* — светочувствительные глазки, органы равновесия, осязательные клетки и органы химического чувства.

Размножение. Большинство плоских червей — гермафродиты.

Наибольшее значение имеют три класса плоских червей: Ресничные черви, Сосальщики и Ленточные черви.

Класс Ресничные черви включает около 3 500 видов в основном свободноживущих червей, кожный эпителий которых снабжен ресничками. Чаще всего встречаются в пресных и солёных водах, однако имеются и сухопутные формы, в том числе почвенные.

Тело ресничных червей уплощённое, овальной или удлинённой формы.

Пищеварительная, выделительная и нервная системы имеют характерное для типа строение. *Органы чувств* — светочувствительные глазки, осязательные и обонятельные реснички.

Размножение. Ресничные черви — гермафродиты, в большинстве случаев оплодотворение происходит перекрёстно. Развитие может быть прямым и непрямым. Имеют высокую регенерационную способность.

Представители: *планарии* *молочно-белая* и *чёрная*, *многоглазка*.

Класс Сосальщики включает около 4 000 видов внутренних паразитов (эндопаразитов) человека и животных. Их тело имеет листовидную или веретеновидную форму и снабжено двумя присосками — ротовой и брюшной. Эпителий лишён ресничек. Размеры тела сосальщиков варьируют в пределах от нескольких миллиметров до 1,5 м.

Пищеварительная, выделительная и нервная системы имеют характерное строение. *Органы чувств* слабо развиты.

Размножение. Жизненный цикл сосальщиков чрезвычайно сложен, поскольку в нём наблюдается чередование полового и бесполого размножения. Кроме того, в жизненном цикле происходит смена хозяев.

Наиболее часто у человека паразитируют печёночный сосальщик, кошачья двуустка и кровяные сосальщики.

Печёночный сосальщик — опасный паразит человека и крупного рогатого скота, поражающий протоки печени. Заражение происходит при употреблении в пищу невымытой зелени и питье некипячёной воды. Взрослые сосальщики образуют многочисленные яйца, которые выходят с фекалиями и для дальнейшего развития должны

попасть в воду, где из них выходят ресничные личинки, проникающие в тело промежуточного хозяина — моллюска — малого прудовика. Там они претерпевают дальнейшее развитие, после чего уже хвостатые личинки покидают тело моллюска и прикрепляются к прибрежной траве, где покрываются защитной оболочкой. При попадании в организм крупного рогатого скота или человека жизненный цикл сосальщика повторяется (рис. 129).

Класс Ленточные черви объединяет около 3 000 видов паразитических плоских червей, взрослые особи которых обитают в кишечнике позвоночных животных. Длина тела ленточных червей колеблется от 1 мм до 30 м. Тело делится на *головку*, *шейку* и многочисленные *членики* (рис. 130). На головке имеются органы прикрепления — присоски, иногда и крючки. Шейка — это своеобразная зона роста, в которой образуются новые членики взамен отделившихся со зрелыми яйцами.

Пищеварительная, дыхательная и кровеносная системы у ленточных червей отсутствуют, всасывание пищи происходит всей поверхностью тела. Большинство взрослых особей — анаэробы.

Выделительная система — прото-нефридии.

Нервная система и органы чувств развиты слабо.

Половая система гермафродитная, повторяется в каждом членике. В жизненном цикле ленточных червей происходит смена хозяев и присутствует пузырчатая стадия — *финна*. Промежуточными хозяевами ленточных червей являются как позвоночные, так и беспозвоночные, а окончательными — только позвоночные.

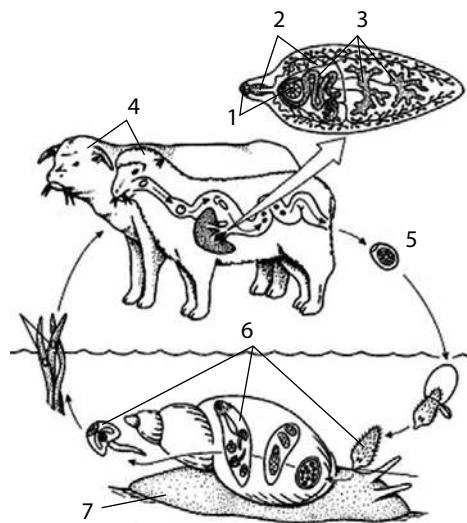


Рис. 130. Внутреннее строение печёночного сосальщика и его жизненный цикл:

- 1 — присоски; 2 — пищеварительная система; 3 — половая система;
4 — окончательные хозяева; 5 — яйцо;
6 — личинки; 7 — промежуточный хозяин

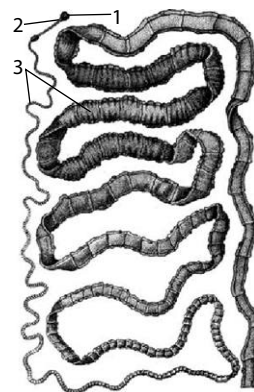


Рис. 131. Ленточный червь:
1 — головка; 2 — шейка;
3 — тело из члеников

К ленточным червям относятся *бычий и свиной цепни, широкий лентец и эхинококк*.

Половозрелые особи *бычьего и свиного цепней* обитают в тонком кишечнике человека. Бычий цепень длиннее свиного, на его головке имеются только четыре присоски, тогда как у свиного — четыре присоски и венчик крючьев. Зрелые членики с яйцами должны быть съедены промежуточными хозяевами — крупным рогатым скотом или свиньями соответственно. Заражение цепнями происходит при употреблении недостаточно термически обработанного мяса с финнами.

Роль плоских червей в природе и жизни человека. Хотя некоторые плоские черви живут в водоёмах и являются звеном в пищевых цепях, большинство из них является паразитами человека и животных.

Тип Круглые черви, или Первичнополостные

К круглым червям относят около 100 тыс. видов животных с округлой в поперечном сечении формой тела.

Тело круглых червей имеет в основном веретеновидную форму с заострёнными передним и задним концами (рис. 131). Их *кожно-мускульный мешок* образован плотной *кутикулой*, эпителием и четырьмя продольными лентами мышц. *Полость тела* — *первичная*. *Пищеварительная система* круглых червей имеет вид трубки: рот, глотка, пищевод, кишечник и анальное отверстие.

Дыхательная и кровеносная системы отсутствуют. Круглые черви способны осуществлять анаэробное дыхание.

Нервная система образована окологлоточным нервным кольцом и двумя нервными стволами — спинным и брюшным. *Органы чувств* развиты слабо.

Выделительная система — выделительные каналы и специальные клетки, у ряда представителей — *протонефридии*.

Размножение. Раздельнополые животные, самки крупнее самцов. Развитие прямое.

Классификация круглых червей. Основной класс — Нематоды, или Собственно круглые черви. К нему относится ряд паразитов человека: *аскарида человеческая, острица, трихинелла, власоглав* и др.

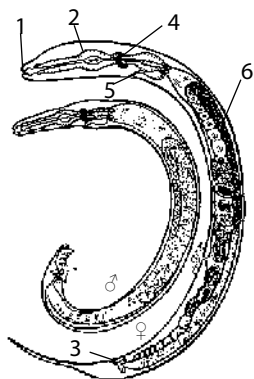


Рис. 132. Внутреннее строение круглых червей:

- 1 — рот;
- 2 — кишечник;
- 3 — анальное отверстие;
- 4 — окологлоточное нервное кольцо;
- 5 — выделительное отверстие;
- 6 — половая система

Аскарида человеческая — паразит тонкого кишечника человека. Длина тела у самок может достигать 40 см, а у самцов — 25 см. Размножаются половым способом, яйца должны попасть в почву, где прямо в оболочке яйца развивается личинка. Заражение происходит яйцами с развитыми личинками при употреблении загрязнённых овощей и фруктов, с немытыми руками. Из кишечника личинка через кровь проникает в лёгкие, а затем возвращается в кишечник и достигает половой зрелости.

Острица детская — кишечный паразит человека длиной 0,5–1,3 см. Оплодотворённые самки ночью откладывают яйца вокруг анального отверстия, что вызывает зуд. В результате расчёсывания яйца остриц оказываются под ногтями, а затем заносятся в рот грязными руками и остаются на всех предметах, к которым прикасался больной. В основном болеют дети.

Роль круглых червей в природе и жизни человека. Значительное число видов круглых червей обитает на дне водоёмов и в почве. Они принимают участие в процессах биологической очистки вод и почвообразовании, поскольку перерабатывают органические остатки и могут питаться почвенными бактериями и грибами. Среди круглых червей имеется большая группа паразитов человека, животных и растений.

Тип Кольчатые черви

Тип Кольчатые черви объединяет около 12 тыс. видов длиной до 3 м. Характерный представитель — *дождевой червь*.

На головном конце тела кольчатого червя находятся органы чувств: глазки, органы осязания и химического чувства. Последующие сегменты тела могут иметь парные выросты тела — *параподии* со щетинками.

Тело кольчецов покрыто тонкой кутикулой, под которой расположен однослойный эпителий, а также кольцевые и продольные мышцы, образующие *кожно-мускульный мешок*. Полость тела у кольчецов — *вторичная*, или *целом* (рис. 132).

Пищеварительная система кольчецов сквозная: рот, глотка, пищевод, зоб, желудок, кишечник, анальное отверстие (рис. 133).

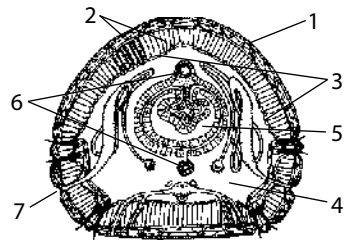


Рис. 133. Внутреннее строение кольчатого червя (поперечный срез):

- 1 — кутикула;
- 2 — мышцы;
- 3 — эпителий;
- 4 — вторичная полость тела;
- 5 — кишечник;
- 6 — кровеносные сосуды;
- 7 — метанефридии

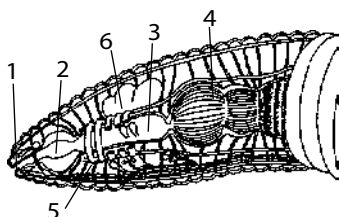


Рис. 134. Внутреннее строение кольчатого червя (продольный разрез):

- 1 — рот;
- 2 — глотка;
- 3 — пищевод;
- 4 — желудок;
- 5 — кровеносные сосуды;
- 6 — половые железы

Дыхание кольчецов осуществляется всей поверхностью тела.

У кольчецов впервые появляется *кровеносная система*, которая образована крупными спинным и брюшным сосудами, соединёнными кольцевыми перемычками, выполняющими функции сердца.

Выделение у них осуществляется при помощи расположенных в каждом сегменте парных *метанефридиев*. *Нервная система* кольчатых червей состоит из парного надглоточного нервного ганглия и брюшной нервной цепочки, образованной парными ганглиями в каждом сегменте тела.

Органы чувств — глаза, органы обоняния и равновесия.

Размножаются кольчатые черви бесполом и половым способами. При бесполом размножении тело червя делится на несколько частей. Кольчатые черви могут быть раздельнополыми или гермафродитами, однако оплодотворение у них перекрёстное. Развитие у большинства видов не прямое.

К типу кольчатых червей относят классы Многощетинковые, Малощетинковые и Пиявки. Многощетинковые имеют пароподии и длинные щетинки, малощетинковые не имеют выраженных пароподий, но снабжены короткими щетинками, а пиявки лишены и пароподий, и щетинок.

Класс Малощетинковые черви объединяет пресноводных, почвенных и изредка встречающихся в морях кольчецов. Гермафродиты. Участвуют в процессах почвообразования и являются звеном в пищевых цепях водоёмов. Представители: *дождевой червь*, *трубочник*.

Класс Многощетинковые черви в основном представлен морскими свободноживущими животными, обитающими на дне или в толще воды. Раздельнополые. Имеют хорошо обособленный головной отдел с относительно высокоразвитыми органами чувств. Представители: *нереида*, *пескожил*, *морская мышь*.

Класс Пиявки состоит в основном из кровососущих, реже — хищных кольчатых червей, имеющих уплощённое тело с двумя присосками (передней и задней). Слюна содержит вещество *гирудин*, препятствующее свёртыванию крови. Гермафродиты. Представители: *пиявка медицинская*, *пиявка лошадиная*.

Роль кольчатых червей в природе и жизни человека. Кольчецы играют важную роль в почвенных и водных биоценозах, поскольку

среди них есть как хищные и паразитические формы, так и участвующие в процессах почвообразования. Они являются неотъемлемым звеном в цепях питания, их употребляют в пищу человек и многие животные. Некоторые кольчатые черви применяются в медицине (пиявки).

Тип Моллюски, или Мягкотелые

К моллюскам относят около 113 тыс. видов водных, реже наземных животных. Тело моллюска делится на три отдела: голову, туловище и ногу (некоторые из этих отделов могут уменьшаться и исчезать). Имеющаяся на спинной стороне туловища кожная складка — *мантия* — наружу выделяет *раковину*, выполняющую защитную и опорную функции, а со стенками туловища образует *мантийную полость*, в которой располагаются жабры и куда могут открываться ротовое, анальное, выделительное отверстия и половые протоки. Полость тела у моллюсков вторичная сильно уменьшена (рис. 134).

В *пищеварительной системе* моллюсков выделяют рот, глотку, пищевод, желудок, кишечник и анальное отверстие, которые дополняются слюнными железами и печенью. Ряд видов имеет *тёрку*, или *радулу*, с хитиновыми зубцами для перетирания пищи, и даже хитиновые челюсти. Среди моллюсков встречаются хищники, растительноядные и фильтраторы.

Дыхание у водных моллюсков жаберное, а у сухопутных форм — лёгочное.

Кровеносная система моллюсков незамкнутая, имеется сердце.

Выделение у представителей типа осуществляется с помощью почек.

Нервная система разбросанно-узлового типа: несколько пар ганглиев соединены между собой нервными стволами. Органы чувств — глаза, органы равновесия, химического чувства и осязания.

Большинство моллюсков раздельнополы, но встречаются и гермафродиты. Развитие у моллюсков прямое или не прямое.

Классификация моллюсков. Наибольшее значение в природе и жизни человека имеют представители трёх классов: Брюхоногие, Двустворчатые и Головоногие.

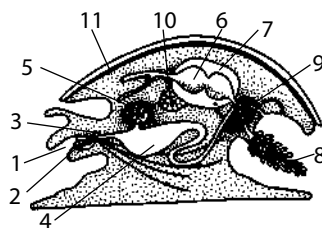


Рис. 135. Внутреннее строение брюхоногого моллюска:

- | | |
|--------------|---------------|
| 1 — рот; | 7 — остаток |
| 2 — тёрка; | вторичной |
| 3 — нервная | полости тела; |
| система; | 8 — жабра; |
| 4 — желудок; | 9 — почка; |
| 5 — печень; | 10 — половые |
| 6 — сердце; | железы; |
| | 11 — раковина |

Класс Брюхоногие включает виды водных и наземных моллюсков, раковина которых закручена в виде спирали или конуса (рис. 135а). Тело имеет все три отдела.

Представители: *виноградная улитка* (рис. 135а), *конус*, *рапана*, *янтарка*, *большой и малый прудовики*, *катушка*, *слизни*.

Класс Двустворчатые объединяет около 20 тыс. видов двустороннесимметричных раковинных моллюсков. Тело двустворчатых моллюсков, сплюснутое с боков, делится на туловище и ногу. Их мантия имеет две складки, срастающиеся краями и образующие две трубки — *сифоны*. Раковина двустворчатая, у некоторых покрыта изнутри перламутровым слоем. Фильтраторы. Раздельнополые.

Представители: *беззубка*, *перловица*, *жемчужницы*, *устрицы*, *мидия*, *морской гребешок* (рис. 135б), *шаровка*, *корабельные черви*.

Класс Головоногие объединяет наиболее высокоорганизованных моллюсков. Их тело расчленено на голову и туловище, а нога срастается с мантией с образованием *воронки* и *щупалец*. Движение реактивное. Раковина у большинства представителей класса внутренняя или сильно редуцирована.

Головоногие моллюски — хищники. У них имеются мощные хитиновые челюсти и ядовитые слюнные железы. Дышат жабрами. Нервная система высокоорганизованная, нервные узлы слиты в головной мозг. Органы чувств также высокоразвиты, в том числе имеются два сложно устроенных глаза. Головоногие — раздельнополые животные. Развитие прямое.

Представители: *кальмар* (рис. 135в), *каракатица*, *осьминог*, *наutilus*, *аргонавт*.

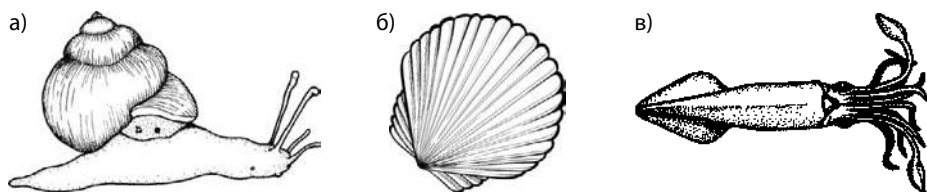


Рис. 136. Разнообразие моллюсков
а) виноградная улитка; б) морской гребешок; в) кальмар

Роль моллюсков в природе и жизни человека. Моллюски играют важную роль в экосистемах вод и суши, принимают участие в процессах биологической очистки вод, круговороте веществ в природе; их употребляют в пищу, используют как источник жемчуга и перламутра; могут быть промежуточными хозяевами различных паразитов человека и животных и непосредственно наносить вред растениям, кораблям и гидротехническим сооружениям.

Типовые задания

Несегментированное животное с сильно уменьшенной вторичной полостью тела и незамкнутой кровеносной системой с сердцем, относится к классу

- 1) Сосальщики
- 2) Нематоды
- 3) Многощетинковые
- 4) Брюхоногие

► Ответ. 1.



Между объектами и характеристиками, указанными в столбцах приведённой ниже таблицы, имеется определённая связь.

ОБЪЕКТ	ХАРАКТЕРИСТИКА
.....	Длина тела колеблется от 1 мм до 12 м. Тело делится на головку, шейку и многочисленные членики. На головке имеются присоски или крючочки
Кишечно-полостные	Радиальная симметрия тела, наличие кишечной полости и стрекательных клеток

Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) Моллюски
- 2) Кольчатые черви
- 3) Плоские черви
- 4) Круглые черви

► Ответ. 3.



Выберите три верных ответа из шести и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

Представители типа Кольчатые черви:

- 1) пескожил
- 2) пиявка медицинская
- 3) печеночный сосальщик
- 4) дождевой червь
- 5) аскарида человеческая
- 6) бычий цепень

► Ответ. 124.

4.10.3. Тип Членистоногие

Основные понятия и термины

- ▶ **Членистоногие** — тип трёхслойных двусторонне-симметричных сегментированных вторичнополостных беспозвоночных животных, имеющих плотный хитиновый покров и членистые конечности.
- ▶ **Ракообразные** — класс водных жабернодышащих членистоногих с двуветвистыми конечностями, имеющих две пары усиков.
- ▶ **Паукообразные** — класс наземных членистоногих с лёгочным или трахейным дыханием, имеющих четыре пары ходильных ног, не имеющих усиков.
- ▶ **Насекомые** — класс наземных трахейнодышащих членистоногих, имеющих три пары ходильных ног, одну пару усиков и часто крылья.
- ▶ **Миксоцель** — смешанная полость тела у членистоногих.
- ▶ **Гемолимфа** — жидкость, циркулирующая в организме беспозвоночных животных с незамкнутой кровеносной системой.
- ▶ **Инстинкт** — совокупность врождённых элементов поведения, передаваемых в ряду поколений.

Объяснение и важные примеры

Общая характеристика типа Членистоногие

К членистоногим относят свыше 1 млн видов сегментированных животных с членистыми конечностями, роль наружного скелета у которых выполняет хитиновая кутикула. Кутикула сменяется в процессе *линьки*. Изнутри к ней прикрепляются мышцы. Группы сегментов тела образуют три отдела — головной, грудной и брюшной. Головной отдел членистоногих несёт органы чувств, на грудном отделе расположены конечности, а в брюшке размещаются органы пищеварения и размножения. Членистые конечности могут видоизменяться для выполнения иных функций, например превращаться в органы чувств — антенны — или быть частью ротового аппарата.

Смешанная полость тела членистоногих, или *миксоцель*, образуется в результате слияния первичной и вторичной.

У них имеются все основные системы органов.

Кровеносная система членистоногих незамкнутая, она состоит из сердца и слабо развитых кровеносных сосудов. По ней циркулирует не кровь, а её смесь с тканевой жидкостью — *гемолимфа*, которая

поступает в сердце через боковые отверстия и выталкивается из него по коротким сосудам в смешанную полость тела.

Нервная система членистоногих представлена надглоточными нервными ганглиями, образующими у ряда видов головной мозг, а также брюшной нервной цепочкой, хотя у некоторых наблюдается слияние этих ганглиев в нервную массу. *Органы чувств* разнообразны, хорошо развиты.

Размножение у членистоногих половое, реже партеногенетическое. В основном это раздельнополые особи, однако встречаются и гермафродиты. Развитие у представителей типа может быть как прямым, так и непрямым.

Основные классы: Ракообразные, Паукообразные и Насекомые.

Характеристика основных классов членистоногих

Класс Ракообразные объединяет около 40 тыс. видов, тело которых покрыто хитиновой кутикулой, зачастую пропитанной углекислой известью. Оно сегментировано и делится на голову, грудь и брюшко, хотя голова и грудь могут сливаться в головогрудь. Характерный представитель — *рак речной*.

Каждый сегмент тела рака несёт пару членистых двуветвистых конечностей. На голове у него имеются две пары усиков — *антенны* и *антеннулы*, выполняющие функции осязания и обоняния соответственно, два сложных глаза на стебельках, а также ротовой аппарат (рис. 136). Последний образован тремя парами челюстей. На груди размещается восемь пар конечностей, три из которых представляют собой обслуживающие ротовой аппарат *ногочелюсти*, а остальные *пять* — *ходильные*. У раков из них наиболее развиты передние — *клешни*, служащие для захвата и разрывания пищи, защиты и пр. На брюшке расположены плавательные ножки, а на конце — видоизменённые в хвостовой плавник конечности.

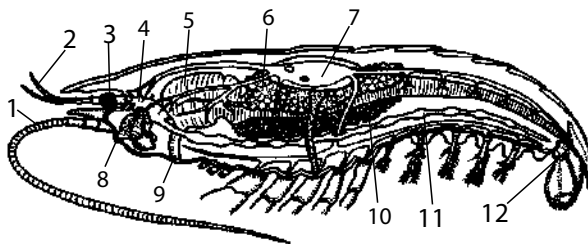


Рис. 137. Внутреннее строение рака речного:

1 — антенна; 2 — антеннула; 3 — глаз; 4 — головной мозг; 5 — желудок; 6 — печень; 7 — сердце; 8 — почка (зелёная железа); 9 — рот; 10 — половая железа; 11 — брюшная нервная цепочка; 12 — анальное отверстие

Пищеварительная система ракообразных имеет вид пищеварительной трубки: рот, глотка, пищевод, желудок, кишечник с печенью, анальное отверстие. В желудке рака могут находиться специальные приспособления для перетирания пищи, например хитиновые зубцы.

Дыхание жаберное.

Выделение осуществляется с помощью парных зелёных желёз (почек), расположенных в головном отделе.

Нервная система рака представлена головным нервным узлом, окологлоточным нервным кольцом и брюшной нервной цепочкой.

Органы чувств — сложные фасеточные глаза или простые глазки, органы осязания (антенны), обоняния и равновесия (антеннулы).

Размножение. Раки — раздельнополые животные, у многих выражен половой диморфизм. Развитие у ракообразных прямое или непрямое.

Основные представители ракообразных: *раки, крабы, креветки, дафнии, циклопы, бокоплав, мокрицы, морские жёлуди.*

Роль ракообразных в природе и жизни человека. Раки, крабы и рачки обеспечивают круговорот веществ в водных экосистемах, являются важным звеном в цепях питания водоёмов, принимают участие в процессах их биологической очистки, некоторые из них — важный объект промысла. Вместе с тем ряд ракообразных является паразитами рыб или промежуточными хозяевами различных паразитов человека и животных.

Класс Паукообразные. Около 63 тыс. видов, имеющих тонкий хитиновый покров, часто с волосками. Тело паукообразных делится на головогрудь и брюшко, сегментация у большинства видов не выражена. Характерным представителем паукообразных является *паук-крестовик* (рис. 137).

На головогрудь у крестовика усики отсутствуют, но имеются *хелицеры* с протоками ядовитых и слюнных желёз, предназначенные

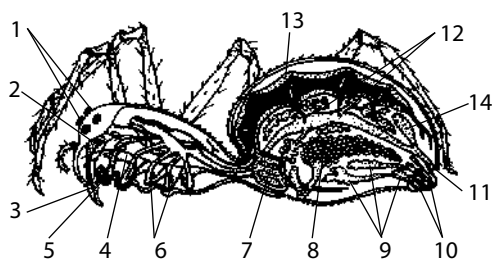


Рис. 138. Внутреннее строение паука-крестовика:

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1 — глазки; | 9 — паутинные железы; |
| 2 — ядовитая железа; | 10 — паутинные бородавки; |
| 3 — хелицера; | 11 — анальное отверстие; |
| 4 — головной мозг; | 12 — печень; |
| 5 — рот; | 13 — сердце; |
| 6 — выросты средней кишки; | 14 — мальпигиевы сосуды; |
| 7 — лёгкое; | |
| 8 — яичник; | |

для прокусывания жертвы, *педипальпы* с осязательными волосками, четыре пары простых глаз и *четыре пары ходильных ног*. На брюшке ходильных конечностей нет, их видоизменением являются паутинные бородавки.

Пищеварительная система у паукообразных имеет вид трубки. Слюнные железы хищных пауков выделяют яд и пищеварительные ферменты. Поглощение растворённого содержимого тела жертвы осуществляется за счёт сокращения мышц глотки и желудка.

Органами дыхания у паукообразных служат лёгочные мешки и/или трубчатые трахеи; некоторые мелкие представители могут осуществлять газообмен непосредственно через кожу.

Выделительная система представлена *мальпигиевыми сосудами*.

Нервная система паукообразных состоит из надглоточного и головогрудного ганглиев или только из головогрудной нервной массы.

Органы чувств — несколько пар простых глаз (у пауков — 4), органы осязания и химического чувства (обоняния и вкуса).

Размножение. Все представители класса — раздельнополые организмы с выраженным половым диморфизмом. Развитие прямое.

Основные представители паукообразных: *паук-крестовик*, *паук-серебрянка*, *каракурт*, *тарантул*, *сенокосцы*, *фаланги*, *скорпионы*, *паутинный*, *амбарный*, *таёжный* и *собачий клещи*, *чесоточный зудень*.

Роль паукообразных в природе и жизни человека. Паукообразные играют важную роль в экосистемах. Среди них есть ядовитые виды. Клещи — вредители сельскохозяйственных растений, портят запасы зёрна, вызывают болезни животных, растений и человека (чесотка), являются переносчиками ряда опасных заболеваний человека (клещевой энцефалит, возвратный тиф и др.).

Класс Насекомые. Наибольшая группа животных, которая объединяет свыше 1 млн видов, завоевавших все среды обитания. Тело насекомых покрыто хитиновой кутикулой с тонким восковым налётом, который защищает их от высыхания, и расчленено на три отдела с явно выраженной сегментацией: голову, грудь и брюшко (рис. 138).

На голове имеется одна пара усиков, выполняющих функции обоняния и осязания, а также пара сложных глаз, до трёх простых глазков и ротовой аппарат. Ротовой аппарат в зависимости от характера питания может быть грызущим, колющим, сосущим, лижущим и т. д. (рис. 139).

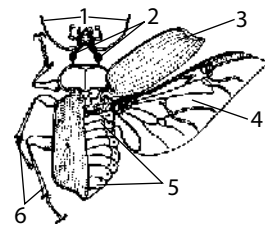


Рис. 139. Строение тела насекомого (на примере жука-красотела):

- 1 — усики; 2 — глаза;
- 3 — надкрылье;
- 4 — перепончатое крыло; 5 — брюшко;
- 6 — конечности

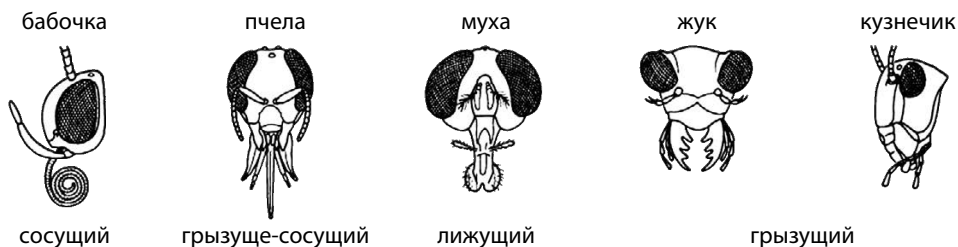


Рис. 140. Ротовые аппараты насекомых

Грудь насекомых образована тремя сегментами, каждый из которых несёт пару конечностей. На последних двух отделах груди расположены парные выросты хитиновой кутикулы — крылья. Крылья насекомых бывают перепончатыми, сетчатыми, могут преобразовываться в жёсткие надкрылья или полуннадкрылья. Количество сегментов брюшка может существенно варьировать, однако они редко несут конечности.

Пищеварительная система. У насекомых пищеварительная система образована ртом, глоткой, пищеводом, желудком, кишечником и анальным отверстием (рис. 140). У них имеются сложный ротовой аппарат и слюнные железы.

Кровеносная система насекомых незамкнутая. Гемолимфа насекомых не выполняет дыхательной функции, а только обеспечивает перемещение питательных веществ и продуктов их обмена.

Дыхательная система образована системой трахей, открывающихся наружу дыхальцами на брюшке.

Выделение у насекомых происходит при помощи мальпигиевых сосудов, примыкающих к заднему отделу кишечника, и жирового тела, занимающего большую часть тела.

Нервная система высокоразвита — головной нервный узел называют «мозгом», он соединён с брюшной нервной цепочкой. Развитие

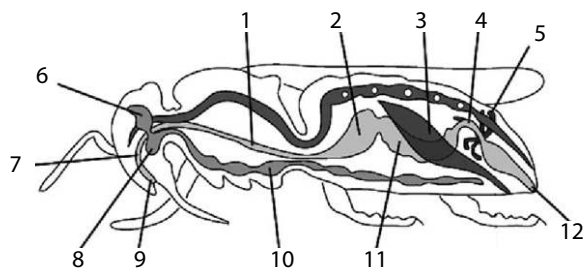


Рис. 141. Внутреннее строение медоносной пчелы:

1 — пищевод; 2 — желудок; 3 — яичник; 4 — задняя кишка; 5 — мальпигиевы сосуды; 6 — надглоточный нервный узел; 7 — глотка; 8 — подглоточный нервный узел; 9 — рот; 10 — брюшная нервная цепочка; 11 — средняя кишка; 12 — анальное отверстие

нервной системы обуславливает наличие общественных, или социальных насекомых (например, многие пчёлы, муравьи, термиты), образующих постоянные или временные объединения — семьи. Их поведение основано на инстинктах.

Органы чувств — пара сложных фасеточных глаз и 1–3 простых глазка, усики (обоняние и осязание), а также органы вкуса, слуха, температурной чувствительности и др.

У насекомых высокоразвита и *эндокринная система*. Железы внутренней секреции выделяют ряд гормонов, например гормон линьки.

Размножение. Насекомые — раздельнополые животные с выраженным половым диморфизмом.

Развитие насекомых может происходить либо с *неполным превращением* (без стадии куколки), либо с *полным превращением* (со стадией куколки).

Основные отряды насекомых: Чешуекрылые, или Бабочки, Блохи, Вши, Двукрылые, Жёсткокрылые, или Жуки, Полужесткокрылые, или Клопы, Перепончатокрылые, Прямокрылые, Равнокрылые, Стрекозы, Таракановые (табл. 5).

Таблица 5

Сравнительная характеристика отрядов насекомых

Отряды, количество видов	Характерные признаки	Представители
Насекомые с неполным превращением		
Вши, около 150	Крылья редуцированы; ротовой аппарат колюще-сосущий; ноги цепляющиеся; паразиты человека и животных	Человеческая вошь (головная и платяная)
Полужесткокрылые, или Клопы, более 30 000	Две пары крыльев (передние — полунадкрылья, задние — перепончатые), сложены в покое на спине плоско; ротовой аппарат колюще-сосущий	Постельный клоп, поцелуйный клоп, вошодерки, вредная черепашка
Прямокрылые, более 20 000	Две пары крыльев (передние — надкрылья с прямым жилкованием, задние — веерные перепончатые крылья); ротовой аппарат грызущий; задние ноги часто прыгательные	Обыкновенный кузнечик, домовый сверчок, саранча

Окончание табл. 5

Отряд, количество видов	Характерные признаки	Представители
Стрекозы, около 4 500	Две пары сетчатых крыльев, тело обычно вытянутое, голова подвижная, глаза очень крупные; ротовой аппарат грызущий	Коромысло, лютка, красотка
Таракановые, 2 500	Две пары крыльев (передняя — кожистые надкрылья, задние — веерные перепончатые); ротовой аппарат грызущий; яйца откладывает в оболочке	Чёрный таракан, рыжий таракан, или прусак
Насекомые с полным превращением		
Блохи, около 1 000	Крылья редуцированы; конечности хорошо развиты, особенно задние (прыгательные); ротовой аппарат колюще-сосущий	Человеческая блоха
Двукрылые, около 80 000	Одна пара сетчатых крыльев, вторая преобразована в жужжальца; ротовой аппарат колюще-сосущий или лижущий	Комар малярийный, муха комнатная, жужжало
Жёсткокрылые, или Жуки, около 250 000	Две пары крыльев (первая — жёсткие надкрылья без жилок, вторая — перепончатые); ротовой аппарат грызущий	Жужелица-карабус, колорадский жук
Перепончатокрылые, более 300 000	Две пары перепончатых крыльев (задние меньше передних); ротовой аппарат грызущий или грызуще-лижущий; второй и третий сегменты могут образовывать стебелёк; на конце тела может иметься жало или яйцеклад	Медоносная пчела, обыкновенная оса, рыжий лесной муравей
Чешуекрылые, или Бабочки, около 140 000	Две пары крыльев, покрытых чешуйками; ротовой аппарат сосущий (у личинок — гусениц — грызущий)	Капустная белянка, платяная моль, махаон

Роль насекомых в природе и жизни человека. Насекомые принимают участие в круговороте веществ в природе, поскольку могут питаться растительной и животной пищей, разрушать органические остатки. Они играют важную роль в цепях питания биоценозов, истребляя беспозвоночных и ослабленные растения, сами будучи

пищей для других животных. Среди них есть опылители цветков и распространители семян и плодов. Многие насекомые являются вредителями важнейших сельскохозяйственных культур и древесных растений; истребляют зерновые запасы. Не меньшее значение имеют насекомые-паразиты и переносчики заболеваний человека и животных, например блохи, вши, комары, мухи, тараканы и др. Насекомые могут повреждать книги, меха, шерстяные и древесные изделия, создавать помехи в работе многих аппаратов и машин.

Человек активно использует насекомых для получения продуктов питания (медоносная пчела), лекарственных препаратов (медоносная пчела, жуки-нарывники), шёлка (тутовый шелкопряд) и других продуктов, в некоторых регионах насекомых употребляют в пищу. В последнее время всё большее значение приобретает разведение хищных насекомых для борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства, сорняками, повышения продуктивности посевов сельскохозяйственных культур, переработки биоорганических отходов и т. д.

Типовые задания



Вещество, входящее в состав наружного скелета насекомых, —

- | | |
|--------------|-----------|
| 1) муреин | 3) хитин |
| 2) целлюлоза | 4) лигнин |

► Ответ. 3.



Гемолимфа насекомых выполняет функцию

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1) дыхательную | 3) трофическую |
| 2) репродуктивную | 4) осозательную |

► Ответ. 3.



Все перечисленные ниже признаки, кроме двух, используются для описания изображённого объекта. Определите два признака, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) ротовой аппарат грызущий или грызуще-лизущий
- 2) две пары крыльев: первая — жёсткие надкрылья без жилок, вторая — перепончатые
- 3) две пары сетчатых крыльев: задние меньше передних
- 4) на конце тела может иметься жало или яйцеклад
- 5) ротовой аппарат у личинок — гусениц — колюще-сосущий

► Ответ. 25.



4.10.4. Хордовые животные

Основные понятия и термины

- ▶ **Хордовые** — тип животных, хотя бы на одном из этапов развития имеющих осевой скелет — хорду, центральную нервную систему в виде нервной трубки и пронизывающие глотку жаберные щели.
- ▶ **Бесчерепные** — подтип хордовых животных, всю жизнь сохраняющих хорду, пронизывающие глотку жаберные щели и нервную трубку, не делящуюся на головной и спинной мозг; головной конец тела не обособлен, череп отсутствует.
- ▶ **Черепные, или Позвоночные,** — подтип хордовых животных, центральная нервная система которых делится на головной и спинной мозг, а осевой скелет представлен черепом и позвоночником, частично или полностью замещающим хорду.
- ▶ **Рыбы** — надкласс водных позвоночных животных, которым свойственно жаберное дыхание на всех этапах индивидуального развития.
- ▶ **Хрящевые рыбы** — класс рыб, имеющих хрящевой внутренний скелет и открывающиеся наружу 5–7 пар жаберных щелей; плавательный пузырь отсутствует.
- ▶ **Костные рыбы** — класс рыб, имеющих костный внутренний скелет, жаберные крышки и плавательный пузырь.
- ▶ **Хорда** — осевой скелет хордовых животных в виде упругого тяжа, замещаемый позвоночником у черепных.
- ▶ **Клоака** — расширение задней кишки позвоночных с впадающими в него протоками выделительной и мочеполовой систем.

Объяснение и важные примеры

Общая характеристика

К хордовым относят свыше 40 тыс. видов животных, которые освоили наземно-воздушную, почвенную и водную среды обитания. Представители типа встречаются во всех географических зонах Земли.

Основные признаки строения и жизнедеятельности хордовых:

1. Развитие осевого скелета хотя бы на одной из стадий онтогенеза: *хорда* сохраняется пожизненно только у бесчерепных, тогда как у остальных групп хордовых замещается позвоночником.

2. Центральная нервная система — нервная трубка.
3. Глотка пронизана жаберными щелями хотя бы на одной из стадий онтогенеза.
4. Вторичная полость тела.

Классификация хордовых

К хордовым относят подтипы Бесчерепные и Позвоночные, или Черепные. Разделение на подтипы основано на наличии черепа и замене хорды на хрящевой или костный позвоночник, а также на ряде других черт строения. Подтип Бесчерепные представлен единственным классом Головохордовые, а к Черепным относят классы Хрящевые рыбы, Костные рыбы, Земноводные, Пресмыкающиеся, Птицы и Млекопитающие (рис. 141).

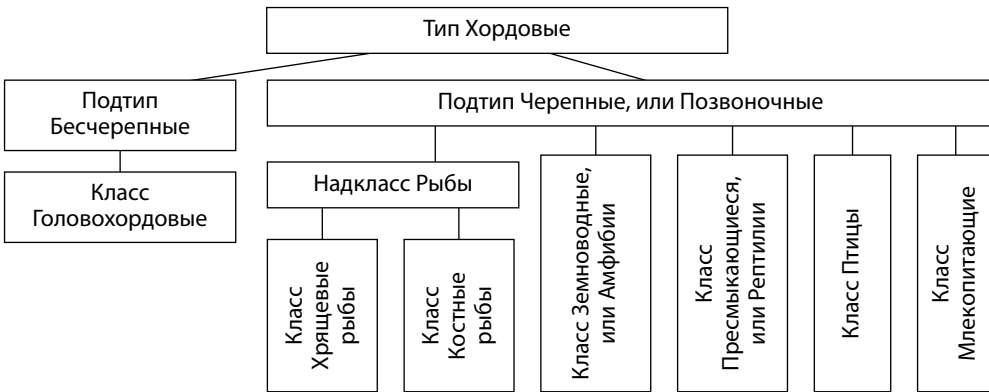


Рис. 142. Классификация хордовых

Подтип Бесчерепные

К бесчерепным относят приблизительно 30 видов преимущественно донных зарывающихся в песок животных, обитающих в тёплых морях, в том числе Чёрном и Японском. Включает единственный класс Головохордовые. Типичный представитель — *ланцетник обыкновенный*.

Тело ланцетника по форме напоминает старинный медицинский инструмент — ланцет. Длина тела — 5–8 см. Движение осуществляется с помощью спинного, хвостового плавников и подхвостовой складки. В передней части тела находятся предротовая воронка с венчиком щупалец, а также околожаберная полость, открывающаяся наружу жаберной порой. Кожные покровы ланцетника тонкие, образованы эпителием с кутикулой и полупрозрачной соединительной тканью, под которой лежат сегментированные мышцы. Осевой

скелет — хорда, заключенная с нервной трубкой в общий чехол из соединительной ткани.

Ланцетники относятся к фильтраторам.

Пищеварительная система ланцетника имеет вид трубки, лежащей под хордой, она состоит из рта, глотки и кишечника с печёчным выростом (рис. 142). В глотке пищевые частицы склеиваются слизью и продвигаются в кишечник.

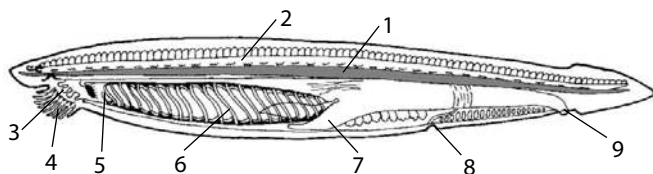


Рис. 143. Внутреннее строение ланцетника:

1 — хорда; 2 — нервная трубка; 3 — рот; 4 — щупальца; 5 — глотка; 6 — жаберная щель; 7 — печёчный вырост; 8 — жаберная пора; 9 — анальное отверстие

Дыхание у ланцетника осуществляется при помощи жабр, расположенных в жаберных щелях, пронизывающих стенки глотки.

Кровеносная система замкнутая, сердце отсутствует.

Выделение у ланцетника осуществляется с помощью выделительных трубочек — *нефридиев*.

Нервная система — нервная трубка с отходящими от неё периферическими нервами.

Органы чувств бесчерепных — светочувствительные глазки, обонятельная ямка в передней части тела, а также разбросанные по всей поверхности тела чувствительные клетки, воспринимающие движение.

Размножение у ланцетников половое, они — раздельнополы. Оплодотворение у ланцетников наружное, развитие непрямое.

Роль бесчерепных в природе и жизни человека. Ланцетники являются важным звеном в цепях питания морских биоценозов. В некоторых регионах мира их употребляют в пищу. Изучение ланцетников необходимо для понимания происхождения хордовых и начальных этапов их эволюции.

Подтип Позвоночные, или Черепные

К нему относятся почти все известные хордовые животные, которых объединяет ряд черт строения:

1. Нервная система позвоночных делится на центральную (головной и спинной мозг) и периферическую.

2. Скелет позвоночных делится на осевой скелет (череп и позвоночник) и скелеты парных конечностей.

3. Кровеносная система замкнутая, имеет мышечный насос — сердце.

4. Органы выделения — почки.

5. Все позвоночные — раздельнополые животные.

Подтип Позвоночные включает шесть классов: Хрящевые рыбы, Костные рыбы, объединённые в надкласс Рыбы, а также Земноводные, Пресмыкающиеся, Птицы и Млекопитающие.

Надкласс Рыбы объединяет водных позвоночных животных с обтекаемой формой тела, покрытого чешуёй. Рыбы способны к активному передвижению с помощью плавников. У них имеются как парные (грудные и брюшные), так и непарные (спинной, хвостовой) плавники. Скелет рыб представлен позвоночником с более или менее развитыми рёбрами, черепом с жаберными дугами и челюстями, а также скелетами плавников. Скелеты плавников образованы лучами плавников и их поясами в толще мышц (рис. 143).

Пищеварительная система рыб (рис. 144) образована ротовой полостью, глоткой, пищеводом, желудком, тонкой и толстой кишкой. С кишечником связаны печень и поджелудочная железа.

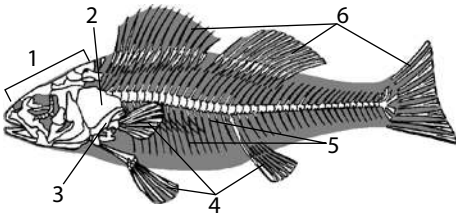


Рис. 144. Скелет костной рыбы:

1 — череп; 2 — жаберная крышка;
3 — пояс плавников; 4 — парные плавники;
5 — рёбра; 6 — непарные плавники

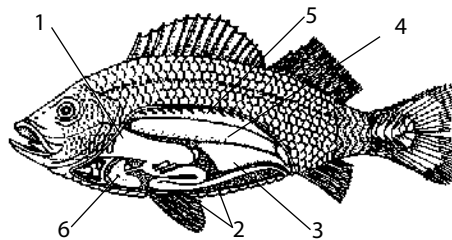


Рис. 145. Внутреннее строение костной рыбы:

1 — желудок; 2 — кишечник; 3 — яичник;
4 — плавательный пузырь; 5 — почки; 6 — сердце

Питание рыб осуществляется за счёт активного захвата пищи с помощью подвижных челюстей. У рыб пожизненно сохраняется жаберное дыхание.

Кровеносная система рыб замкнутая, имеет один круг кровообращения. Сердце двухкамерное, образовано предсердием и желудочком (рис. 144).

Головной мозг рыб образуют пять отделов: передний, промежуточный, средний, продолговатый мозг и мозжечок. **Органы чувств** — органы зрения (глаза), слуха (внутреннее ухо), обоняния (ноздри) и восприятия движения (боковая линия). Большинство рыб раздельнополы.

Надкласс делят на два класса: Хрящевые и Костные рыбы.

Класс Хрящевые рыбы. Скелет у них пожизненно остаётся хрящевым. На голове имеются 5–7 пар жаберных щелей.

Большинство хрящевых рыб — хищники.

Хрящевые рыбы — раздельнополые животные, оплодотворение у них внутреннее. Некоторым представителям свойственно живорождение.

К данному классу относятся акулы (*китовая и тигровая акулы, акула-молот, катран, морская лисица*) и скаты (*хвостокол, обыкновенный электрический скат, рыба-пила и манта, или морской дьявол*). Основные отличия скатов от акул: уплощение тела в спинно-брюшном направлении, расположение жаберных щелей на брюшной стороне, слабое развитие хвостового плавника.

Роль хрящевых рыб в природе и жизни человека. Хрящевые рыбы являются важным звеном в экологических системах морей и океанов, некоторых представителей употребляют в пищу и используют в медицинских целях; столкновение с ними опасно для человека.

Класс Костные рыбы. Объединяет в основном рыб с костным скелетом. У большинства костных рыб имеется *плавательный пузырь*, обеспечивающий возможность подниматься и опускаться в толще воды.

Костные рыбы — раздельнополые организмы, которым свойственно наружное оплодотворение. Самки мечут икринки-яйцеклетки, которые оплодотворяют самцы, проплывая над ними.

Значительная часть рыб совершает кормовые или нерестовые миграции. Например, *кета* из Тихого океана заходит для нереста в Амур, а *европейский угорь*, наоборот, из пресных водоёмов Европы и Северной Африки устремляется к Бермудским и Багамским островам. Из-за миграций этих рыб называют проходными. Некоторым костным рыбам свойственна забота о потомстве (*трёхиглая колюшка, морской конёк* и др.).

Классификация костных рыб. Класс Костные рыбы делят на два подкласса: Лучепёрые и Лопастепёрые. К первому относят большинство ныне живущих рыб, а ко второму — надотряды Двоякодышащие и Кистепёрые рыбы (табл. 5).

Роль костных рыб в природе и жизни человека. Костные рыбы играют важную роль в экологических системах пресных и морских вод, имеют промысловое значение (*атлантическая и тихоокеанская сельдь, салака, сельдь-иваси, треска, пикша, навага, кета, горбуша, сёмга, форель, карась, толстолобик, плотва, тарань, вобла* и др.). Вследствие избыточного промысла рыбы всё больше уделяют внимание её охране и разведению. Например, в рыбоводческих хозяйствах

разводят карпов, толстолобика, лобаня, карася, а некоторых рыб переселяют из одних водоёмов в другие, как *кету*. Рыб используют и для борьбы с вредителями риса, а также для его опыления, для усиления процессов биологической очистки водоёмов. Большой популярностью в последнее время пользуется разведение аквариумных рыбок: *вуалехвостов*, *скалярий* и др.

Таблица 5

Отряды костных рыб

Отряд, количество видов	Представители
Карповые, около 3 000 видов	Плотва, лещ, карась, сазан, линь, толстолобик, чехонь
Сельдевые, около 300 видов	Сардина, сельдь, шпрот, тюлька, килька
Тресковые, около 100 видов	Треска, налим, салака, минтай, путассу, хек, пикша
Окуневые, около 6 500 видов	Тунец, ставрида, бычки, скумбрия, окунь речной, судак
Лососевые, 220 видов	Семга, горбуша, кета, нерка, форель, хариус, омуль, лосось
Кистепёрые, 2 вида	Латимерия
Двоякодышащие, 6 видов	Протоптерус, неоцератод

Некоторые рыбы могут быть промежуточными хозяевами возбудителей заболеваний человека и животных, поэтому употребление рыбы в пищу требует соблюдения правил гигиены питания.

Типовые задания



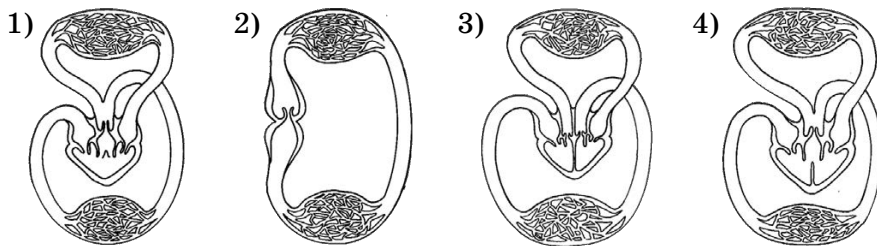
Характерными признаками рыб являются

- 1) наличие плавников, голой кожи, трёхкамерное сердце
- 2) обтекаемая форма тела, жаберное дыхание, двухкамерное сердце
- 3) лёгочное дыхание, двухкамерное сердце, плавательный пузырь
- 4) водная среда обитания, трёхкамерное сердце, выделение через почки

► Ответ. 2.

ОГЭ

Из представленных на рисунке кровеносная система рыб обозначена под номером:



► Ответ. 2.

ЕГЭ

Установите соответствие между характеристикой и классом рыб: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца

ХАРАКТЕРИСТИКА

- А) наличие плавательного пузыря
- Б) скелет костный
- В) наличие жаберных крышек
- Г) внутреннее оплодотворение
- Д) наличие клоаки

КЛАСС

- 1) Костные
- 2) Хрящевые

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д
1	1	1	2	2

4.10.5. Земноводные. Пресмыкающиеся

Основные понятия и термины

- **Земноводные**, или **Амфибии**, — класс позвоночных животных, размножение и развитие которых происходит обязательно в воде, а взрослые особи могут обитать на суше.
- **Пресмыкающиеся**, или **Рептилии**, — класс холоднокровных наземных позвоночных животных, размножение и развитие которых происходит на суше.

Объяснение и важные примеры

Класс Земноводные, или **Амфибии**, включает около 4 500 видов позвоночных животных. Их тело состоит из головы, туловища, двух пар пятипалых конечностей и хвоста (если выражен). На голове у земноводных имеются глаза, ноздри, ротовое отверстие. Задние

конечности у бесхвостых земноводных развиты сильнее передних. Между пальцами конечностей есть кожистые перепонки — приспособления для передвижения в водной среде. Кожа у земноводных голая, содержит значительное количество кожных желёз, секреты которых смачивают и защищают её от проникновения микроорганизмов, а в некоторых случаях и выделяют ядовитые вещества. *Скелет* земноводных (рис. 145) делится на скелет головы (череп), скелет туловища и скелет конечностей (передних и задних).

Основную часть скелета туловища составляет позвоночник, который делится на шейный, туловищный, крестцовый и хвостовой отделы. В шейном отделе 1 позвонок, в туловищном — 7 (у безногих — до 200–300), в крестцовом — 1, а многочисленные позвонки последнего, хвостового отдела, выраженные у хвостатых земноводных, у бесхвостых срастаются в хвостовую кость — *уростиль*. В скелете туловища имеется также грудина, а у хвостатых земноводных ещё и короткие рёбра, прикрепляющиеся к позвонкам туловищного отдела.

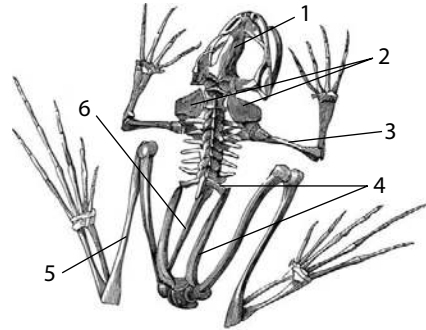


Рис. 146. Скелет лягушки:

- 1 — череп;
- 2 — плечевой пояс;
- 3 — передние конечности;
- 4 — тазовый пояс;
- 5 — задние конечности;
- 6 — уростиль

Скелет передних конечностей делится на скелет пояса передних конечностей (плечевой пояс) и скелет свободных передних конечностей. Плечевой пояс составляют парные лопатки, ключицы и вороньи кости (*коракоиды*), которые прикрепляются к грудине, обеспечивая связь передних конечностей с осевым скелетом. Скелет свободных передних конечностей образован плечевой костью, локтевой и лучевой костями, а также костями кисти. У лягушки локтевая и лучевая кости срастаются, что связано со способом передвижения лягушки.

Скелет задних конечностей состоит из пояса задних конечностей (тазового пояса) и скелета свободных задних конечностей. Скелет свободных задних конечностей образован бедренной костью, большой и малой берцовой костями, а также костями стопы. У лягушки большая и малая берцовые кости срастаются.

В связи со способом передвижения земноводных мускулатура у них достаточно хорошо развита, особенно на конечностях.

Пищеварительная система земноводных (рис. 146) состоит из ротоглоточной полости, пищевода, желудка, толстого и тонкого

кишечника. На челюстях и других костях ротоглоточной полости у земноводных могут иметься зубы, служащие для удержания пищи. Липкий язык прикрепляется передним концом, что обеспечивает возможность захвата пищи. В ротоглоточную полость открываются протоки слюнных желёз, секрет которых служит для смачивания пищи, но не переваривания её. Имеются печень и поджелудочная железа. Толстая кишка открывается в клоаку.

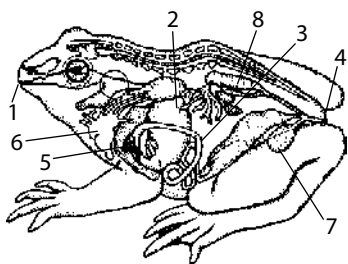


Рис. 147. Внутреннее строение земноводных:

- | | |
|---------------|-------------|
| 1 — рот; | 6 — сердце; |
| 2 — желудок; | 7 — мочевой |
| 3 — кишечник; | пузырь; |
| 4 — клоака; | 8 — почка |
| 5 — печень; | |

Дыхание земноводных осуществляется с помощью мешковидных лёгких и кожи, а на ранних этапах развития им присуще жаберное дыхание.

Кровеносная система земноводных (рис. 146) имеет два круга кровообращения и трёхкамерное сердце, состоящие из двух предсердий и одного желудочка. В одно предсердие собирается артериальная кровь (обогащённая кислородом), а в другое — венозная (обеднённая им), затем она одновременно впрыскивается в желудочек, откуда разделяется на три потока: артериальный, смешанный и венозный.

Обогащённая кислородом кровь поступает к голове, смешанная — к органам, а венозная — к лёгким и коже.

Выделение у земноводных осуществляется при помощи почек, из которых мочеточники выносят мочу в клоаку, куда может открываться и мочевой пузырь.

Нервная система земноводных делится на *центральную* и *периферическую*. В отличие от рыб, у земноводных передний мозг разделён на два полушария, а мозжечок развит слабее, что обусловлено меньшим разнообразием движений на суше.

Органы чувств представлены органами зрения (глаза), слуха, обоняния, вкуса, осязания, боковой линией. Глаза у амфибий защищены веками и мигательной перепонкой, имеются также слёзные железы. Орган слуха земноводных состоит из внутреннего и среднего уха. Среднее ухо — это барабанная полость с одной слуховой косточкой — *стремечком*. Внешняя граница среднего уха — барабанная перепонка. Боковая линия имеется только на личиночной стадии.

Для земноводных характерно только половое размножение. Амфибии — раздельнополые животные. Яичники самок с помощью яйцеводов открываются в клоаку, а у самцов парные семенники имеют общие протоки с почками и также открываются в клоаку. Развитие

непрямое, со стадией *головастика*. Для некоторых амфибий характерно явление *неотении* — полового размножения на личиночной стадии (амбистома и её личинка — аксолотль).

Классификация земноводных. К земноводным относят три отряда: Хвостатые, Бесхвостые и Безногие (табл. 6).

Таблица 6

Сравнительная характеристика отрядов земноводных

Отряд, количество видов	Характерные признаки	Представители
Хвостатые, около 350	Тело удлинённое, хвост хорошо развит, конечности короткие, примерно одинаковой длины; органы дыхания — лёгкие и кожа; оплодотворение наружное, развитие непрямое	Тритон гребенчатый, амбистома, саламандра исполинская
Бесхвостые, около 3 500	Туловище короткое, шея не выражена, задние прыгательные ноги в 2–3 раза длиннее передних. Рёбер обычно нет; хвост имеется только на личиночной стадии, хвостовые позвонки срастаются в единую кость	Лягушка озёрная, жаба обыкновенная, квакша
Безногие, около 170	Тело червеобразной формы, конечностей нет, число позвонков достигает 200–300. Органы чувств развиты слабо	Кольчатая червяга и цейлонский рыбозмей

Роль земноводных в природе и жизни человека. Земноводные занимают важное место в экосистемах и цепях питания, так как они уничтожают насекомых и личинок, а их самих поедают некоторые животные. В ряде регионов амфибий употребляют в пищу люди и повсеместно используют для проведения научных экспериментов.

Происхождение земноводных. Вероятнее всего, амфибии произошли от вымершей группы кистепёрых рыб. Одним из первых земноводных считают похожую на тритона *ихтиостегу*, которая сохранила в то же время черты рыб.

Класс Пресмыкающиеся, или Рептилии, объединяет около 7 тыс. видов животных. Отличительными признаками пресмыкающихся являются: лёгочное дыхание, наличие сухой кожи, покрытой роговыми чешуями или щитками и лишённой желёз, внутреннее оплодотворение. Существенным отличием *пищеварительной системы*

рептилий является явное разделение ротовой и дыхательной полостей **нёбом**.

Скелет пресмыкающихся состоит из скелетов головы, туловища и конечностей (рис. 147).

Череп имеет большую степень окостенения, чем у земноводных, а у крокодилов и черепах даже появляется костное нёбо. Скелет туловища рептилий состоит из позвоночника и грудной клетки. В позвоночнике пресмыкающихся (у ящерицы) выделяют следующие отделы: шейный (8 позвонков), груднопоясничный (22 позвонка), крестцовый (2 позвонка) и хвостовой (несколько десятков позвонков). У змей количество позвонков в груднопоясничном отделе может достигать 300. К грудным позвонкам прикрепляются рёбра, которые вместе с грудиной у ряда представителей образуют грудную клетку. Пояса конечностей, а также сами конечности не имеют существенных отличий от таковых у амфибий. Мускулатура пресмыкающихся хорошо развита, у них появляется, например, межрёберная мускулатура, которая обеспечивает вентиляцию лёгких.

Большинство пресмыкающихся — хищники или насекомоядные, некоторые всеядные, преимущественно растительной пищей питаются немногие. *Пищеварительная система* делится на ротовую полость с языком, глотку, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечники, клоаку. Хорошо развиты слюнные железы, печень и поджелудочная железа.

Дыхательная система пресмыкающихся представлена ячеистыми лёгкими и дыхательными путями: гортанью, трахеей и бронхами.

Кровеносная система замкнутая, с двумя кругами кровообращения. Сердце трёхкамерное, с неполной перегородкой в желудочке, что существенно снижает смешение крови. У крокодилов оно четырёхкамерное.

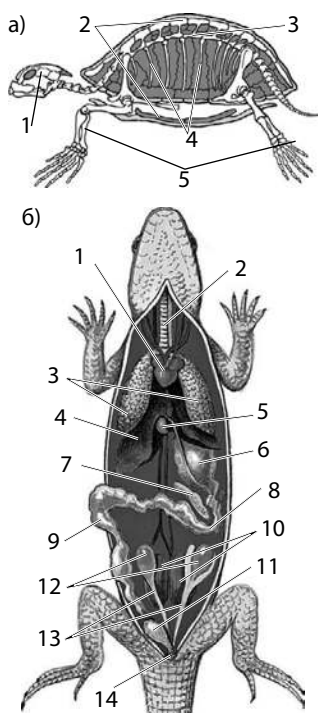


Рис. 148. Строение пресмыкающихся

- а) Скелет черепахи:
 1 — череп; 2 — панцирь;
 3 — позвоночник;
 4 — грудная клетка;
 5 — скелеты конечностей
- б) Внутреннее строение ящерицы:
 1 — сердце;
 2 — трахея; 3 — лёгкие;
 4 — печень; 5 — желчный пузырь;
 6 — желудок;
 7 — поджелудочная железа; 8 — тонкая кишка;
 9 — толстая кишка;
 10 — почки; 11 — мочевой пузырь;
 12 — семенники;
 13 — семяпроводы;
 14 — клоакальное отверстие

Выделительная система представлена почками и мочеточниками, впадающими в клоаку. Имеющийся у некоторых представителей мочевой пузырь открывается в клоаку отдельно. Особенностью рептилий является то, что они выделяют как конечный продукт обмена веществ мочевую кислоту, которая малорастворима в воде, что приводит к экономии влаги, равно как и отсутствие кожных желёз.

Нервная система рептилий более высокоорганизована, чем у амфибий, так как полушария переднего мозга имеют тонкий слой коры, а мозжечок значительно больше развит. Поведение рептилий более сложное, чем амфибий, у них в два раза быстрее вырабатываются условные рефлексы.

Органы чувств рептилий представлены органами зрения, слуха, обоняния, осязания, температурной чувствительностью. Глаза рептилий снабжены подвижными веками и мигательной перепонкой, которые у змей срастаются и становятся прозрачными. Орган слуха представлен внутренним и средним ухом с одной слуховой косточкой — *стремечком*.

Размножение. Рептилии раздельнополы. Оплодотворение у рептилий внутреннее. Большинство пресмыкающихся откладывают яйца, богатые желтком и заключённые в кожистую или известковую оболочку, некоторые из них — яйцеживородящие или живородящие. Заботятся о потомстве рептилии редко.

Классификация пресмыкающихся. К пресмыкающимся относят отряды Черепахи, Чешуйчатые и Крокодилы. К ним принадлежит и самая многочисленная группа пресмыкающихся, вымерших около 65 млн лет назад в результате экологической катастрофы, — Динозавры. Некоторые черты динозавров характерны для современных видов пресмыкающихся — гаттерий, крокодилов и черепах (табл. 7).

Таблица 7

Сравнительная характеристика отрядов пресмыкающихся

Отряд, количество видов	Характерные признаки	Представители
Чешуйчатые, около 6 500 видов	Тело покрыто роговой чешуёй, конечности пятипалые (у змей отсутствуют), зубы мелкие (у ядовитых змей имеется пара крупных ядовитых зубов с протоками ядовитых желёз); грудина и оба лёгких имеются только у ящериц	Ящерица живородящая, уж обыкновенный, желтопузик, анаконда, гадюка степная

Отряд, количество видов	Характерные признаки	Представители
Черепашки, 230 видов	Тело покрыто костно-роговым панцирем, две пары конечностей (иногда преобразованы в ласты), челюсти снабжены роговым клювом с режущим краем	Черепашка европейская болотная, черепашка средиземноморская
Крокодилы, 23 вида	Тело покрыто крупными роговыми щитками, две пары конечностей (на задних имеется плавательная перепонка), зубы однотипные, конической формы; в сердце полная перегородка	Аллигаторы китайский и миссисипский, крокодил нильский

Роль пресмыкающихся в природе и жизни человека. Рептилии являются важным звеном в экосистемах, так как они регулируют численность многих насекомых и позвоночных. Пресмыкающихся издавна использовал человек в качестве источника мяса, яиц, кожи, панцирей, яда. Некоторые рептилии могут наносить ущерб сельскому и рыбному хозяйствам, другие — являться переносчиками возбудителей болезней человека и домашних животных, а также могут быть непосредственно опасными для человека.

Происхождение пресмыкающихся. По-видимому, предками пресмыкающихся были древние земноводные, близкие к *сеймурии*. От них произошли котилозавры, давшие начало предкам современных черепах, млекопитающих, гаттерий, крокодилов, птиц, динозавров и чешуйчатых.

Типовые задания



Важнейшими особенностями пресмыкающихся являются

- 1) кожа, богатая железами, трёхкамерное сердце, кожное дыхание
- 2) кожа, богатая железами, четырёхкамерное сердце, лёгочное дыхание
- 3) лишённая желез кожа, четырёхкамерное сердце, двойное дыхание
- 4) лишённая желез кожа, трёхкамерное сердце с неполной перегородкой, формирование дыхательных путей

► Ответ. 4.

ОГЭ

«Лёгкие животных — парные мешки с небольшой общей площадью, работающие по нагнетательному типу. Благодаря влажному кожному покрову выводится большая часть углекислого газа и кровь насыщается кислородом. Личинки осуществляют дыхание с помощью наружных жабр».

Описание дыхательной системы характерно для представителей класса:

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1) Костные рыбы | 3) Земноводные |
| 2) Хрящевые рыбы | 4) Пресмыкающиеся |

► Ответ. 3.

ЕГЭ

Установите соответствие между представителями родов и классами, к которым они принадлежат: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца. Запишите выбранные **цифры** под соответствующими буквами.

ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДОВ

- А) саламандра
Б) рыбозмей
В) анаконда
Г) аллигатор
Д) квакша

КЛАСС

- 1) Земноводные
2) Рептилии

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д
1	1	2	2	1

4.10.6. Птицы. Млекопитающие

Основные понятия и термины

- **Птицы** — класс теплокровных яйцекладущих позвоночных животных, имеющих приспособления к полёту.
- **Млекопитающие** — класс теплокровных позвоночных животных, вскармливающих детёнышей молоком.

Объяснение и важные примеры

Класс Птицы объединяет около 9 тыс. видов животных, тело которых покрыто перьями. Приспособленность к полёту выражается в наличии крыльев и хвоста, обтекаемой формы тела, облегчённого скелета, теплокровности и двойного дыхания.

На голове у птиц имеются клюв, пара глаз и скрытые под перьями ушные углубления. Клюв представляет собой видоизменение челюстей, покрытых роговыми чехлами.

Кожа у птиц сухая и почти лишённая желёз; у основания хвоста имеется *копчиковая железа*, развитая у многих наземных видов, но особенно — у водоплавающих. Производными эпидермиса кожи являются перья, роговые чехлы клюва, роговые чешуйки, а также когти.

Основу пера птицы образует *стержень*, по бокам которого прикреплены две боковые пластинки — *опакхала*. Нижняя часть пера, погружённая в кожу, называется *очином*. Опахало образовано бородками первого и второго порядка с крючочками. Перья делятся на *контурные* (маховые, рулевые, кроющие и др.), *пуховые* и *пух*. Их основная функция — термоизоляция, защита от механических воздействий, участие в создании тяговой силы и направлении потоков воздуха.

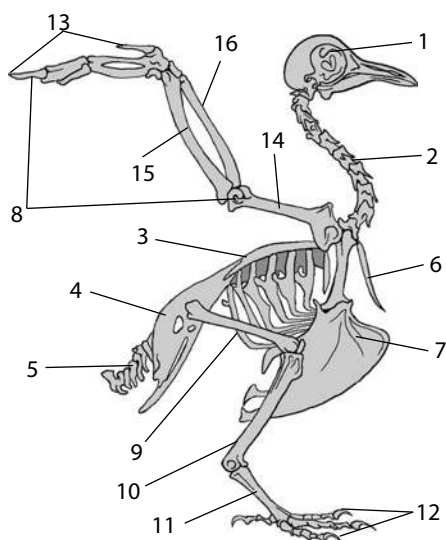


Рис. 149. Скелет птицы:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 — череп; | 9 — бедро; |
| 2 — шейный отдел позвоночника; | 10 — голень; |
| 3 — грудной отдел позвоночника; | 11 — цевка; |
| 4 — сложный крестец; | 12 — пальцы ног; |
| 5 — хвостовые позвонки; | 13 — пальцы верхних конечностей; |
| 6 — вилочка; | 14 — плечевая кость; |
| 7 — киль грудины; | 15 — локтевая кость; |
| 8 — крыло; | 16 — лучевая кость |

Особенностями скелета птиц в связи с приспособлением к полёту и хождением на задних конечностях являются преобразование конечностей и их поясов, облегчение скелета, а также срастание многих костей на ранних этапах развития.

Скелет птицы состоит из скелета головы, скелета туловища и скелетов конечностей (рис. 148).

Кости черепа срослись в единую кость с очень крупными глазницами. Челюстные кости преобразованы в надклювье и подклювье. Скелет туловища состоит из позвоночника и грудной клетки. Позвоночник делится на пять отделов: шейный (11–25 позвонков), грудной (3–10 позвонков), поясничный (6 позвонков), крестцовый (2 позвонка) и хвостовой (15 позвонков). Грудные позвонки срастаются в *спинную кость*, а поясничные, крестцовые и часть хвостовых позвонков — в *сложный*

крестец. Грудная клетка образована спинной костью, сложными рёбрами и грудиной, которая несёт крупный выступ — *киль* с прикрепленными к нему летательными мышцами.

Пояс передних конечностей у птиц образован парными лопатками, ключицами и вороньими костями. Ключицы образуют *вилочку*. Передние конечности у птиц преобразованы в крылья, в них выделяют плечо, предплечье и кисть, однако часть костей кисти срастается, образуя *пряжку*. Сохраняется только три пальца.

Скелет задних конечностей также претерпевает изменения по сравнению с пресмыкающимися: тазовые кости прирастают к сложному крестцу, слабо развивается малая берцовая кость, а часть костей стопы срастается в *цевку* (снаружи она покрыта роговыми чешуйками), остаётся 2–4 пальца.

Мускулатура птиц развита намного сильнее, чем у рептилий. Особенно развиты мышцы, обеспечивающие способность птиц к полёту.

Среди птиц имеются как растительноядные и насекомоядные, так и хищные виды. Клюв лишён зубов.

Пищеварительная система птиц состоит из ротовой полости, глотки, пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника, который открывается в клоак (рис. 149).

Перед желудком может иметься расширение пищевода — зоб, где пища накапливается и начинает перевариваться. Желудок состоит из двух отделов — железистого и мускульного. У домового воробья гусеница переваривается за 15 мин, жук — за 1 ч, а зерно — за 3–4 ч.

Дыхательная система птиц (рис. 150) представлена дыхательными путями (ноздри, верхняя гортань, трахея, нижняя гортань с голосовыми связками, бронхи), губчатыми лёгкими и примыкающими к ним воздушными мешками. В связи с приспособлением к полёту птицам свойственно двойное дыхание.

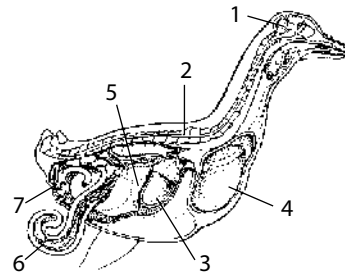


Рис. 150. Внутреннее строение птиц:

- | | |
|--------------------|---------------|
| 1 — головной мозг; | 4 — пищевод; |
| 2 — спинной мозг; | 5 — желудок; |
| 3 — сердце; | 6 — кишечник; |
| | 7 — клоака |



Рис. 151. Дыхательная система птиц:

- | | |
|-------------|---------------------|
| 1 — трахея; | 3 — воздушные мешки |
| 2 — лёгкие; | |

Кровеносная система птиц замкнутая, с двумя кругами кровообращения. Сердце четырёхкамерное. Птицы относятся к теплокровным животным.

Выделительная система представлена почками и мочеточниками, открывающимся в клоаку. Конечным продуктом обмена веществ у птиц является мочева кислота.

Нервная система птиц высокоорганизованная, особенно развиты передние полушария головного мозга и мозжечок.

Органы чувств представлены органами зрения (глаза), слуха (внутреннее и среднее ухо), изредка — обоняния. Глазные яблоки у птиц относительно крупные, они защищены веками и мигательной перепонкой. Обоняние у большинства птиц развито слабо.

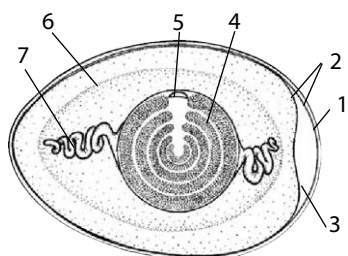


Рис. 152. Строение яйца:

- 1 — скорлуповая оболочка;
- 2 — подскорлуповая оболочка;
- 3 — воздушная камера;
- 4 — желток;
- 5 — зародышевый диск;
- 6 — белковая оболочка;
- 7 — халазы

Размножение. Птицы — раздельнополые животные. У самок сохраняется только левый яичник. Откладывают яйца в скорлупе (рис. 151).

Годовой цикл жизни птиц и сезонные явления. Большинству видов птиц свойственно сложное брачное поведение. Насиживание яиц длится от 9 суток у мелких воробьиных до 44 у беркута. Из яйца в основном могут вылупляться либо слепые, долго остающиеся в гнезде птенцы, либо зрячие, способные почти сразу кормиться самостоятельно и следовать за матерью. Птенцов первого типа называют *птенцовыми*, или *гнездовыми*,

они характерны для дятлов, стрижей, голубей и др. Птенцы второго типа относятся к *выводковым*, таких птенцов имеют куры, утки, гуси. У гнездовых птиц выкармливание птенцов в гнезде продолжается до 90 дней (у беркута), а у более мелких птиц этот период гораздо короче. У некоторых видов птенцы покидают гнездо лишь после того, как научатся летать.

В течение года птицы меняют своё оперение. Например, у белой куропатки летнее оперение — серое, а на зиму меняется на белое.

В послегнездовое время птицы могут перемещаться на некоторое расстояние в поисках корма — мигрировать.

Классификация птиц. Класс Птицы делится на три надотряда: Пингвинообразные, Страусообразные и Типичные птицы (отряды Аистообразные, Воробьинообразные, Голубеобразные, Гусеобразные, Дятлообразные, Курообразные, Совеобразные, Соколообразные, или дневные хищники) (табл. 8).

Таблица 8

Сравнительная характеристика надотрядов птиц

Система- тическая группа, коли- чество видов	Характерные признаки	Места гнездования	Предста- вители
Надотряд Пингвины, 16	Крылья видоизменены в ласты, перья сплошь покрывают тело; на ногах 4 пальца (3 со- единены плавательной перепонкой), обращён- ных вперёд, на груди- не имеется киль; птен- цы гнездового типа	Каменистые побережья, ледяные поля	Пингвин Адели, пин- гвин очко- вый
Надотряд Страусо- образные, 7	Крылья недоразвиты, перья рыхлые; на но- гах 2–3 пальца, обра- щённых вперёд, гру- дина без киля; птенцы выводковые	Пустыни, степи, са- ванны	Страус, нанду, киви, казуар, эму
Надотряд Типичные птицы, 8 500	Крылья хорошо разви- ты, перья типичного строения, расположе- ны на теле отдельными участками; на ногах 3–4 пальца, кости об- легчённые, с воздуш- ными полостями, на грудине имеется киль; птенцы гнездового или выводкового типа	Повсеместно	
Отряд Аисто- Образные, 118	Шея и конечности очень длинные, клюв прямой и острый; на ногах 4 пальца; птен- цы гнездовые	Побережья водоёмов, болота	Аист обык- новенный, цапля серая
Отряд Воробьино- образные, около 5100	На ногах 4 пальца, первый палец обращён назад; птенцы гнездо- вые	Все ланд- шафты	Жаворонок, ласточка, свиристель, соловей, дрозд, си- ница

Систематическая группа, количество видов	Характерные признаки	Места гнездования	Представители
Отряд Голубеобразные, около 300	Телосложение плотное; голова маленькая, клюв небольшой; крылья длинные, заострённые; хорошо развит зоб; птенцы гнездовые	Все ландшафты тропических и умеренных широт	Голубь сизый, горлица обыкновенная, вяхирь
Отряд Гусеобразные, более 200	Клюв обычно уплощённый с роговыми пластинками; на ногах 4 пальца (3 передних соединены плавательной перепонкой); птенцы выводковые	Внутренние водоёмы всех континентов, кроме Антарктиды	Гусь серый, лебедь-шипун, шилохвость, кряква, утка серая, казарка краснозобая
Отряд Дятлообразные, около 400	Слегка изогнутый или долотообразный клюв; язык длинный, тонкий; на ногах 4 пальца, приспособлены к лазанию по деревьям; птенцы гнездовые	Леса различного типа	Дятел чёрный, дятел большой пёстрый, дятел зелёный
Отряд Курообразные, около 280	Птицы плотного сложения, с коротким и крепким клювом и сильными четырёхпальными ногами (3 направлены вперёд, 1 — назад); птенцы выводковые	Леса, степи, пустыни	Перепел, серая куропатка, фазан обыкновенный, тетерев, глухарь, рябчик
Отряд Совообразные, 144 вида	Ночные хищные птицы; оперение мягкое, рыхлое; ноги сильные, с длинными и острыми когтями; клюв крючковатый; большие глаза, хорошо развит слух; птенцы гнездовые	Степи, пустыни, горы, леса	Сова ушастая, сыч домовый, сипуха, неясыть серая

Окончание табл. 8

Система- тическая группа, коли- чество видов	Характерные признаки	Места гнездования	Предста- вители
Отряд Соколо- образные, или Дневные хищники, 290 видов	Крылья приспособле- ны к парящему по- лёту; клюв крючкова- тый, пальцы сильные, с острыми загнуты- ми когтями; птенцы гнездовые	Различные ландшафты	Ястреб, со- кол, гриф

Роль птиц в природе и жизни человека. Птицы играют важнейшую роль в регуляции численности различных беспозвоночных животных, наносящих вред сельскому и лесному хозяйству. Кроме того, они издавна одомашнены человеком, ценятся не только их мясо, но и яйца, перья, кожа.

Происхождение птиц. Современные птицы произошли от древних пресмыкающихся, боковой ветвью их эволюции был вымерший *археоптерикс*.

Класс Млекопитающие включает свыше 4 тыс. видов животных, кожа которых имеет волосной покров и многочисленные железы. Большая часть млекопитающих рождает *живых детёнышей* и выкармливает их *молоком*. Головной мозг отличается сильным развитием коры больших полушарий.

Тело млекопитающих имеет чётко выраженные голову, туловище, хвост и конечности. На голове более или менее выражены *ушные раковины*. Большинство представителей имеет мясистые губы, ограничивающие ротовое отверстие. Глаза снабжены подвижными веками с ресницами и слёзными железами, секрет которых омывает их и защищает от пересыхания.

Покровы тела. Кожа млекопитающих трёхслойная, образована эпидермисом, дермой, или собственно кожей, и подкожной жировой клетчаткой. Видоизменениями эпидермиса являются волосы (шерсть), когти, ногти, рога и копыта млекопитающих, а также разнообразные железы. В шерсти различают *остевые волосы*, *подшёрсток* и чувствительные *вибриссы*. Для представителей класса характерны потовые и сальные железы. Отличительным признаком млекопитающих являются млечные железы, секретом которых они выкармливают детёнышей.

Опорно-двигательная система. Скелет млекопитающих делится на скелет головы, скелет туловища и скелеты конечностей (рис. 152).

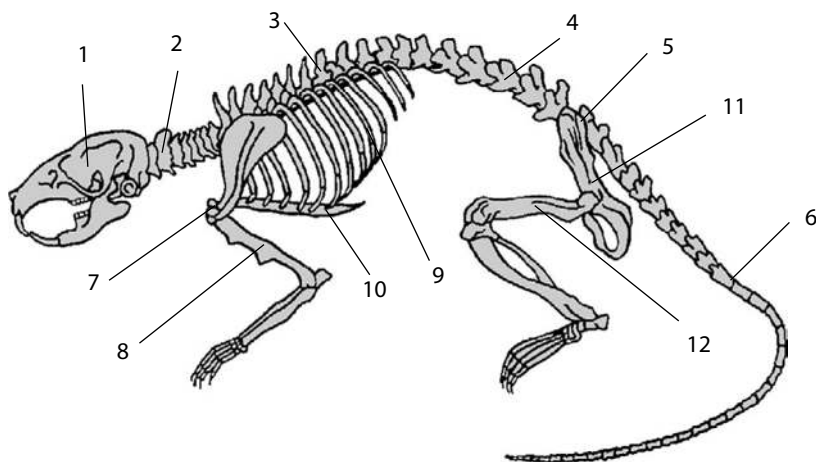


Рис. 153. Скелет крысы:

1 — череп; 2 — шейный отдел позвоночника; 3 — грудной отдел позвоночника; 4 — поясничный отдел позвоночника; 5 — крестцовый отдел позвоночника; 6 — хвостовой отдел позвоночника; 7 — плечевой пояс; 8 — скелет передней конечности; 9 — рёбра; 10 — грудина; 11 — тазовый пояс; 12 — скелет задней конечности

Череп отличается большим мозговым отделом, в среднем ухе — три слуховых косточки: молоточек, наковальня и стремечко.

Позвоночник млекопитающих делится на пять отделов: шейный (7 позвонков), грудной (12–15), поясничный (2–9), крестцовый (2–5) и хвостовой (3–49). Строение поясов конечностей существенно зависит от характера движений млекопитающих. Так, вороньи кости отсутствуют почти у всех представителей класса. Тазовые же кости срастаются. На конечностях может быть различное количество пальцев: у парнокопытных остаются третий и четвёртый пальцы, а у непарнокопытных — только третий.

Мышечная система млекопитающих сильно развита, особенно мышцы конечностей, подкожные и дыхательные мышцы, в том числе и *диафрагма*, изменение положения которой связано с процессами вентиляции лёгких.

Пищеварительная система. Для млекопитающих характерно наличие губ, ограничивающих спереди предротовую полость, сзади её ограничивают зубы. У большинства представителей в течение жизни происходит смена зубов (молочных на постоянные). Зубы млекопитающих различаются по форме и выполняемым функциям: резцы, клыки, предкоренные и коренные.

В ротовую полость открываются протоки слюнных желёз. Из ротовой полости через глотку и пищевод пища попадает в желудок (рис. 153), который может иметь до четырёх отделов, как у жвачных животных (рубец, сетку, книжку и сычуг). Собственно желудком является сычуг (рис. 154).

Кишечник делится на тонкий и толстый отделы. В тонкий кишечник открываются протоки печени и поджелудочной железы, секреты которых обеспечивают переваривание пищи. Длина тонкого и толстого кишечника сильно варьирует в зависимости от состава потребляемой пищи. На границе тонкого и толстого кишечника у многих видов имеется выраженная слепая кишка. Важную роль в переваривании пищи у млекопитающих играют симбиотические микроорганизмы и простейшие: у жвачных они обитают в желудке (рубец), у грызунов — в слепой кишке, у человека — в толстой.

Дыхательная система образована дыхательными путями (носовая полость, носоглотка, гортань с голосовыми связками, трахея и парные бронхи) и парными альвеолярными лёгкими (рис. 153). В вентиляции лёгких принимают участие межрёберные мышцы и диафрагма.

Кровеносная система млекопитающих замкнутая, с двумя кругами кровообращения, сердце четырёхкамерное.

Выделительная система. Выведение конечных продуктов обмена веществ осуществляется через почки, соединённые с мочевым пузырём мочеточниками. Опорожнение мочевого пузыря происходит через мочеиспускательный канал.

Нервная система млекопитающих высокоорганизованная, особенно сильно развит головной мозг. Большие полушария переднего мозга покрыты корой, у хищных млекопитающих и приматов имеются извилины, складки и борозды коры, что обуславливает сложные формы поведения.



Рис. 154. Внутреннее строение млекопитающего:

- | | |
|--------------|--------------|
| 1 — сердце; | 4 — печень; |
| 2 — лёгкое; | 5 — кишечник |
| 3 — желудок; | |

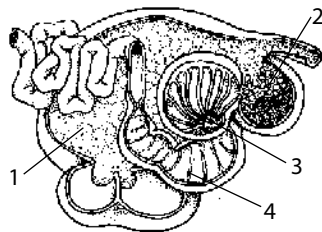


Рис. 155. Желудок коровы:

- | | |
|------------|------------|
| 1 — рубец; | 3 — сычуг; |
| 2 — сетка; | 4 — книжка |

У представителей класса развиты органы слуха (внутреннее, среднее ухо с тремя слуховыми косточками и наружное ухо со слуховым проходом и ушной раковиной), зрения (глаза), осязания (*вибриссы*), обоняния и вкуса.

Половая система. Млекопитающие — раздельнополые животные: у самцов имеются парные семенники, семяпроводы большей частью совмещены с мочеиспускательным каналом; у самок — парные яичники, маточные трубы и обычно непарная матка. Оплодотворение внутреннее. Особенности процесса вынашивания и рождения детёнышей положены в основу классификации млекопитающих. Выкармливают детёнышей молоком.

Годовой цикл в жизни млекопитающих. Весной у этих животных начинается подготовка к размножению, связанная с созданием семейных пар, табунов, гаремов. На зиму часть из них мигрирует в другие районы в поисках пищи, а другие остаются на прежнем месте и впадают в спячку либо продолжают вести активный образ жизни.

Классификация млекопитающих. Млекопитающих делят на два подкласса: Первозвери, или Однопроходные, и Настоящие звери (табл. 9). Настоящих зверей отличает способность к живорождению, тогда как первозвери откладывают яйца. Настоящих зверей делят на две группы — Низшие звери, к которым относят отряд Сумчатые, и Высшие звери, или Плацентарные, которые охватывают всех остальных представителей класса (отряды Насекомоядные, Рукокрылые, Грызуны, Зайцеобразные, Хищники, Ластоногие, Китобразные, Парнокопытные, Непарнокопытные, Хоботные, Приматы, включающие семейство Человекообразные обезьяны, или Гоминиды).

Происхождение млекопитающих. Первые млекопитающие, похожие на современных яйцекладущих, появились в триасовом периоде. По-видимому, их предками были небольшие зверозубые рептилии с зубами, посаженными в отдельные альвеолы. После гибели динозавров млекопитающие заняли господствующее положение.

Экологические группы млекопитающих. В зависимости от среды обитания млекопитающих делят на обитающих в наземно-воздушной, почвенной и водной средах. К наземным млекопитающим относятся населяющие лес и заросли крупных кустарников (белки, зайцы и др.), а также обитающие на открытых пространствах (*копытные, львы* и др.). Воздушную среду освоили *рукокрылые, летяга, сумчатая белка*. Подземные млекопитающие — это *слепыш, златокрот, крот обыкновенный*. К водным зверям относятся *бобры, ондатры, морские львы, синий кит, дельфины* и др.

Таблица 9

Сравнительная характеристика систематических групп млекопитающих

Систематическая группа, количество видов	Характерные признаки	Представители
Подкласс Первозвери, или Однопроходные, 3	Имеют клоаку; у самок влагалище и матка отсутствуют, откладывают яйца; зародыш развивается вне организма матери, молочные железы лишены сосков; зубов нет	Ехидна австралийская, проехидна, утконос
Подкласс Настоящие звери, около 4 000	Зародыш развивается в матке; молочные железы открываются на сосках; большинство имеет мясистые губы и зубы; клоака отсутствует	
Отряд Сумчатые, 250	Зародыш развивается в матке, но плацента не образуется, детёныши рождаются недоразвитыми; молочные железы открываются в сумке; смены зубов не происходит	Опоссум южный, коала, крот сумчатый, кенгуру рыжий, кенгуру серый
Отряд Насекомоядные, 370	Передний конец тела вытянут в хоботок; уши редуцированы; желудок простой; активны в основном ночью	Ёж обыкновенный, бурозубка малая, крот европейский
Отряд Рукокрылые, 850	Передние конечности преобразованы в крылья, на груди имеется киль; активны в основном ночью и в сумерках; способны к эхолокации	Вампир обыкновенный, ночница большая, вечерница рыжая
Отряд Грызуны, 1 600	Внешний вид разнообразен, на верхней и нижней челюстях по одной паре резцов, клыков нет	Белка обыкновенная, летяга, бобр, мышь домовая, крыса серая
Отряд Зайцеобразные, 65	Передние конечности короткие, а задние — длинные; на верхней челюсти две пары резцов, а на нижней — одна	Пищуха северная, заяц-русак, заяц-беляк

Систематическая группа, количество видов	Характерные признаки	Представители
Отряд Хищники, 240	Сильно развиты клыки и хищные зубы; конечности пятипалые, с когтями	Песец, волк, лисица обыкновенная, медведь бурый
Отряд Ластоногие, 39	Обе пары конечностей преобразованы в ласты; ушные раковины редуцированы; волосяной покров сплошной или сильно изреженный	Котик северный морской, сивуч, морж, заяц морской, тюлень серый
Отряд Китообразные, 85	Передние конечности преобразованы в ласты, задние редуцированы; кожные железы отсутствуют, за исключением молочных; волосяной покров отсутствует	Афалина, косатка, серый кит, кашалот, кит гренландский
Отряд Парнокопытные, 220	На ногах по четыре пальца, из которых хорошо развиты третий и четвёртый; на пальцах — роговые копыта; у жвачных желудок имеет четыре отдела	Кабан, бегемот, лось, лань, жираф, олень благородный, зубр
Отряд Непарнокопытные, 17	Крупные млекопитающие, внешний вид разнообразен; на ногах хорошо развит один (третий) палец; палец защищён роговым копытом	Зебра, дикий осёл, лошадь Пржевальского, носорог белый
Отряд Хоботные, 3	Нос и верхняя губа образуют хобот	Слон индийский, слон африканский, слон лесной
Отряд Приматы, более 400	Большой палец может быть противопоставлен остальным, на пальцах имеются ногти; молочные зубы меняются на постоянные	Макак японский, павиан, гиббон быстрый
Семейство Человекообразные обезьяны (Гоминиды), 8	Хвост отсутствует, передние конечности длиннее задних; на всех пальцах имеются уплощённые ногти; ладони и подошвы лишены волос	Горилла, шимпанзе, орангутанг, человек разумный

Роль млекопитающих в природе и жизни человека. Среди млекопитающих имеются домашние и промысловые животные, в которых ценятся мясо, мех, рога, бивни и др. К этому классу животных относятся и вредители посевов и запасов продовольствия — грызуны, которые могут быть переносчиками различных заболеваний (чумы, туляремии и др.).

Численность многих видов млекопитающих настолько уменьшилась в результате хозяйственной деятельности человека и охоты, что они нуждаются в охране и занесены в Красную книгу.

Типовые задания



В какой последовательности возникли в процессе эволюции классы позвоночных животных?

- 1) рыбы → амфибии → рептилии → птицы
- 2) амфибии → рептилии → рыбы → птицы
- 3) рептилии → амфибии → птицы → рыбы
- 4) рыбы → рептилии → амфибии → птицы

► Ответ. 1.



У млекопитающих, в отличие от птиц, дыхание осуществляется с участием

- 1) межрёберных мышц
- 2) диафрагмы
- 3) грудины
- 4) рёбер

► Ответ. 2.

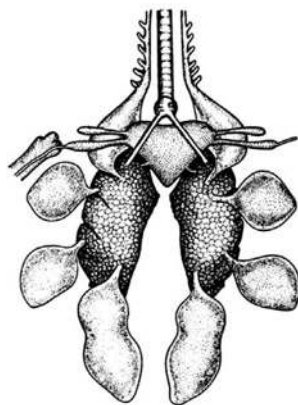


Выберите три верных ответа из шести и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

Если в процессе эволюции у животного сформировалась дыхательная система, изображённая на рисунке, то для этого животного характерны

- 1) четырёхкамерное сердце
- 2) наружное оплодотворение
- 3) перьевой покров
- 4) постоянная температура тела
- 5) кожное дыхание
- 6) развитие зародыша в матке

► Ответ. 134.



5. ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ЗДОРОВЬЕ

5.1. ТКАНИ

Основные понятия и термины

- ▶ **Ткань** — совокупность клеток и межклеточного вещества, объединённых общностью строения и происхождения, а также выполняемыми функциями.
- ▶ **Типы тканей** человека и животных: эпителиальная, мышечная, соединительная, нервная.
- ▶ **Нейрон** — основная клетка нервной ткани.

Объяснение и важные примеры

У человека имеется четыре основных типа тканей.

Эпителиальная ткань, или *эпителий* (рис. 155), покрывает тело, выстилает полости внутренних органов и образует железы. Она выполняет барьерную, защитную, обменную, всасывающую, выделительную, секреторную и другие функции. Клетки эпителиальной ткани плотно прилегают друг к другу, межклеточного вещества нет. Эпителий обязательно подстилает соединительная ткань. Эпителии обладают высокой регенерационной способностью.

Различают железистые и поверхностные эпителии. *Железистые эпителии* вырабатывают разнообразные продукты — секреты, например ферменты, гормоны и др. *Поверхностные эпителии* по количеству слоёв клеток подразделяют на однослойные и многослойные, а по форме клеток — на плоские, кубические, призматические, реснитчатые (мерцательные) и др. Многослойные эпителии относят также к ороговевающим и неороговевающим. Так, эпидермис кожи — это многослойный плоский ороговевающий эпителий, а ротовую полость выстилает такой же неороговевающий.

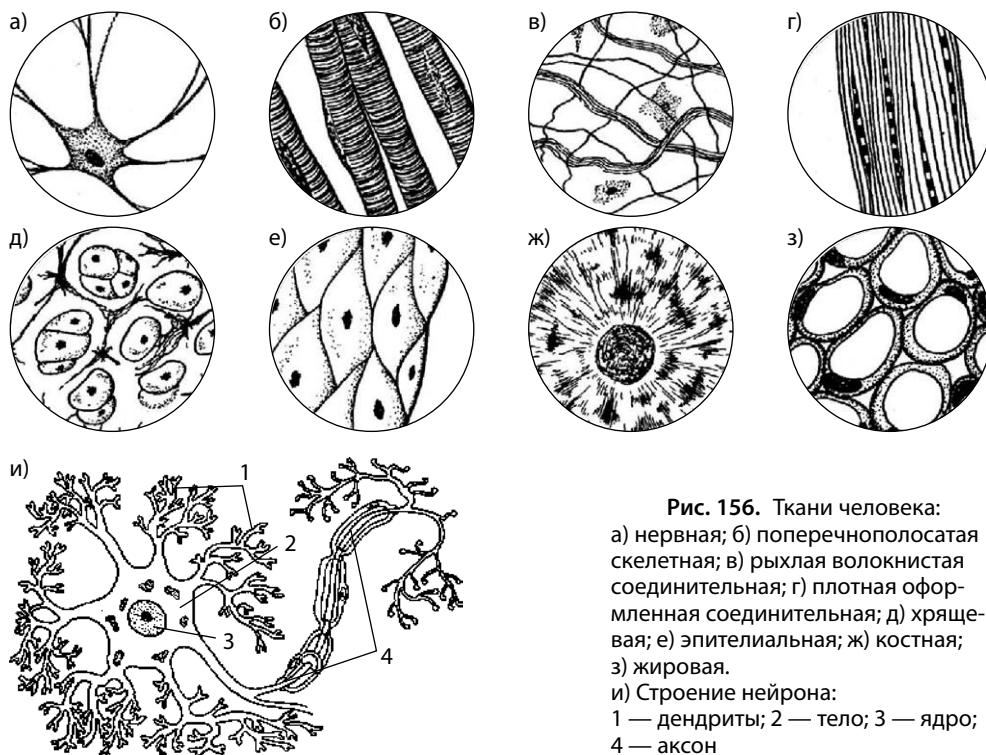


Рис. 156. Ткани человека:
 а) нервная; б) поперечнополосатая
 скелетная; в) рыхлая волокнистая
 соединительная; г) плотная оформ-
 ленная соединительная; д) хряще-
 вая; е) эпителиальная; ж) костная;
 з) жировая.
 и) Строение нейрона:
 1 — дендриты; 2 — тело; 3 — ядро;
 4 — аксон

Соединительная ткань заполняет все промежутки между органами и другими тканями и составляет более 50 % массы тела человека. Отличительной особенностью её строения является наличие большого количества межклеточного вещества и значительное разнообразие клеточных элементов. Межклеточное вещество соединительной ткани состоит из коллагеновых и эластических белковых волокон, а также аморфного вещества. Этот тип ткани выполняет в организме питательную, транспортную, защитную, опорную, пластическую и структурообразовательную функции.

К соединительным тканям относят плотные волокнистые ткани сухожилий и связок, рыхлую волокнистую соединительную ткань, ретикулярную, жировую, костную и хрящевую ткани, кровь и лимфу. Ретикулярная ткань образует своеобразную сетку из волокон и отростчатых клеток в красном костном мозге, селезёнке, лимфатических узлах и др. Она играет важную роль в процессе кроветворения. Плотная и рыхлая соединительная ткани образуют дерму кожи, сопровождают сосуды и нервы. Жировая ткань образована жировыми клетками и составляет подкожную жировую клетчатку и прослойки между внутренними органами.

Межклеточное вещество костной ткани содержит до 70 % минеральных солей, особенно фосфата кальция, придающего ей прочность, около 20 % воды и белки. Хрящевая ткань соединяет кости скелета, образует суставные поверхности, формирует дыхательные пути, ушную раковину, крылья носа и т. д. Её межклеточное вещество насыщено водой, в нём группами расположены клетки.

Мышечные ткани обладают свойствами возбудимости и сократимости. Сокращение мышечной ткани обусловлено взаимодействием актиновых и миозиновых микронитей. Мышцы обеспечивают движение организма человека и сокращение стенок внутренних органов. Мышечные ткани делят на гладкие и поперечнополосатые. К поперечнополосатым относят скелетную (скелетные, мимические) мышцы, мышцы рта, языка, гортани, верхней части пищевода и диафрагма) и сердечную мышечные ткани. Исчерченность поперечнополосатой мышечной ткани обусловлена наложением чередующихся актиновых и миозиновых микронитей. Волокна скелетных мышц многоядерные (рис. 155), а клетки сердечной мышцы — чаще одноядерные.

Клетки гладкой мышечной ткани имеют веретеновидную форму и единственное палочковидное ядро. Этот вид ткани залегает в стенках внутренних мышечных органов, таких как пищевод, желудок, артерии и др.

Нервная ткань обеспечивает интеграцию частей организма в единое целое, регуляцию и координацию их деятельности, взаимодействие организма с окружающей средой, а у человека — ещё и мышление, сознание и речь. Основными свойствами нервной ткани являются возбудимость и проводимость. Нервная ткань образована двумя типами клеток: нейронами и клетками нейроглии.

Нейроны (рис. 155е) состоят из тела и отростков: дендритов и аксона. По дендритам нервный импульс передаётся к телу нейрона, а по аксону — другим клеткам. Передача нервного импульса от одного нейрона к другому или на другие клетки происходит через особые клеточные контакты — *синапсы*. Передающий импульс нейрон в синапсе выделяет путём экзоцитоза специальное вещество — *медиатор*, которое воспринимается следующей клеткой и вызывает её реакцию (возбуждение или торможение). Питание, защита и изоляция нейронов друг от друга являются функциями клеток *нейроглии*, которая заполняет все промежутки между нейронами.

Нейрон является основным структурно-функциональным элементом нервной системы.

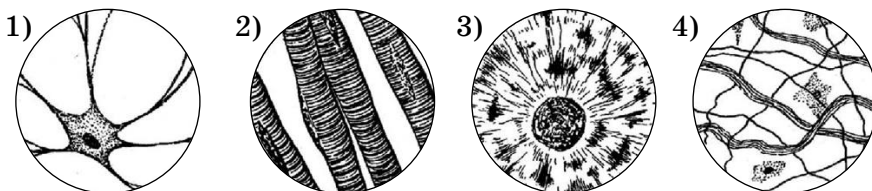
Это интересно!

В организме мужчин и женщин соотношение различных тканей неодинаково: у зрелых мужчин мышечная масса составляет около 45 %, а у женщин — 36 %.

Самой длинной клеткой организма человека является нейрон — его длина составляет до 120 см, однако при диаметре тела до 150 мкм он всё равно неразличим невооружённым взглядом.

Типовые задания

На рисунке мышечная ткань изображена обозначена цифрой:



► Ответ. 2.



Ткань человека, имеющая большое количество межклеточного вещества и разнообразие клеточных элементов, — это

- | | |
|-------------|-------------------|
| 1) мышечная | 3) соединительная |
| 2) нервная | 4) эпителиальная |

► Ответ. 3.



Рассмотрите рисунок с изображением ткани человека и определите тип ткани, систему органов, которую она образует, и выполняемую ею функцию. Заполните пустые ячейки таблицы, используя термины, приведённые в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий термин из предложенного списка.



Тип ткани	Система органов	Функция
_____ (А)	_____ (Б)	_____ (В)

- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1) кровеносная | 5) секреторная |
| 2) эпителиальная | 6) соединительная |
| 3) опорно-двигательная | 7) питательная |
| 4) транспортная | 8) опорная |

Запишите выбранные **цифры** под соответствующими буквами.

► Ответ.

А	Б	В
6	3	8

5.2. ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Основные понятия и термины

- ▮ **Скелет** — совокупность костей организма и их соединений.
- ▮ **Типы костей:** трубчатые, плоские, губчатые и смешанные.
- ▮ **Скелет человека:** скелет головы (череп), скелет туловища и скелеты конечностей.
- ▮ **Надкостница** — наружная соединительнотканная оболочка кости, обеспечивающая рост кости в толщину.
- ▮ **Остеон** — единица строения компактного вещества кости.
- ▮ **Соединения костей:** неподвижное (шов), полуподвижное и подвижное (сустав).
- ▮ **Основные группы мышц тела:** мышцы головы, туловища и конечностей.
- ▮ **Синергисты** — мышцы, выполняющие сходные функции.
- ▮ **Антагонисты** — мышцы, выполняющие противоположные функции.
- ▮ **Динамическая работа** — работа мышц, приводящая к перемещению тела или некоего груза в пространстве.
- ▮ **Статическая работа** — работа в отсутствие укорочения мышц, как, например, при удержании тела или груза в определённом положении.
- ▮ **Утомление** — временное снижение работоспособности мышц.
- ▮ **Травма** — повреждение органа или ткани в результате внешнего воздействия.
- ▮ **Гиподинамия** — нарушение функций организма при ограничении подвижности и снижении мышечной активности.

Объяснение и важные примеры

Опорно-двигательная система обеспечивает поддержание формы тела и его перемещение в пространстве, защищает внутренние органы, а также выполняет кроветворную и терморегуляторную функции и принимает участие в процессах обмена веществ. Она делится на *пассивную* (скелет) и *активную* (мышечная система) части.

Химический состав, строение и классификация костей. В состав костей входят неорганические и органические вещества

(преимущественно белки). Соли кальция придают костям прочность, а органические вещества обеспечивают их эластичность.

Большая часть костной ткани организована в костные пластинки, состоящие из клеток-остеоцитов и костного межклеточного вещества, содержащего минеральные образования и белковые волокна. Несколько вложенных друг в друга цилиндрических костных пластинок с каналом в центре образуют *остеон*. Из остеонов состоят более крупные элементы кости — костные перекладины. В зависимости от расположения последних различают компактное и губчатое костные вещества. В компактном веществе костные перекладины расположены плотно, а в губчатом веществе они формируют ажурную сеть, позволяющую не только уменьшить массу кости, но и рационально перераспределить нагрузки, которым она подвергается.

С учётом особенностей строения кости скелета делятся на:

- *плоские* (кости свода черепа, лопатка, рёбра, грудина, тазовые кости);
- *губчатые* (кости запястья и предплюсны);
- *смешанные* (позвонки, кости основания черепа и лицевого отдела);
- *трубчатые* (ключица и кости свободных конечностей, кроме запястья и предплюсны).

На трубчатых костях наиболее удобно рассматривать внутреннее строение кости. В трубчатой кости выделяют *головки*, *тело* и места перехода головок в тело — *шейки* (рис. 156).

Основу кости составляет компактное вещество, головки под ним заполнены губчатым веществом, тогда как тело остаётся полым. У новорождённого ребёнка всё внутреннее пространство кости занимает красный костный мозг, выполняющий кроветворную функцию, однако у взрослых людей он сохраняется только между перекладинами губчатого вещества, а в костномозговой полости в теле кости его замещает жёлтый костный мозг. Снаружи тело кости покрыто *надкостницей*, а суставные поверхности головок — *хрящом*. Деление клеток надкостницы обеспечивает рост кости в толщину, тогда как растяжение кости связано в основном с хрящевыми прослойками, которые сохранились от рождения,

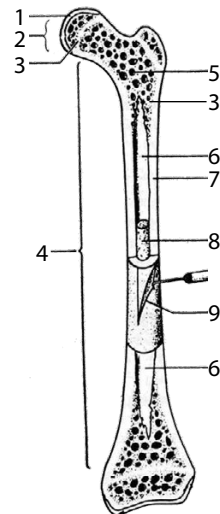


Рис. 157. Строение трубчатой кости:

- 1 — хрящ;
- 2 — головка;
- 3 — шейка;
- 4 — тело;
- 5 — губчатое вещество с красным костным мозгом;
- 6 — костномозговая полость;
- 7 — компактное вещество;
- 8 — жёлтый костный мозг;
- 9 — надкостница

и перестройкой костной ткани. Кости обильно снабжаются кровью и иннервируются.

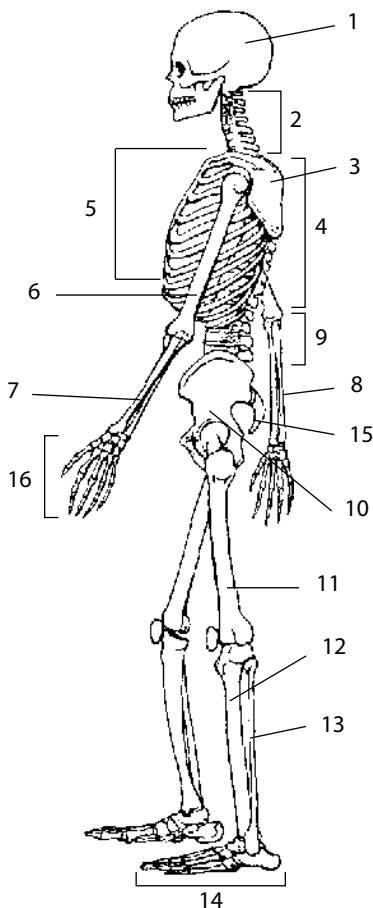


Рис. 158. Скелет человека:

- 1 — череп;
- 2 — шейный отдел позвоночника;
- 3 — лопатка;
- 4 — грудной отдел позвоночника;
- 5 — грудная клетка;
- 6 — плечевая кость;
- 7 — локтевая кость;
- 8 — лучевая кость;
- 9 — поясничный отдел позвоночника;
- 10 — тазовый пояс;
- 11 — бедренная кость;
- 12 — большая берцовая кость;
- 13 — малая берцовая кость;
- 14 — кости стопы;
- 15 — копчик;
- 16 — кости кисти

Соединения костей в зависимости от строения и выполняемых функций делят на:

- *неподвижное*, или шов, характеризуется прочным срастанием костей (кости черепа и таза);
- *полуподвижное* осуществляется с помощью хрящевых прокладок (позвоночник);
- *подвижное*, или *сустав*, образовано суставными поверхностями костей (головками), покрытыми хрящом, суставной сумкой и заполнено суставной жидкостью. Суставная жидкость выделяется суставной сумкой для снижения силы трения суставных поверхностей.

Строение скелета. В скелете человека различают скелет головы (череп), скелет туловища и скелеты конечностей (рис. 157).

Череп защищает головной мозг и органы чувств от внешних воздействий, а также является опорой лица, начальных отделов пищеварительной и дыхательной систем. В черепе выделяют лицевой и мозговой отделы. Лицевой отдел образован парными носовыми, скуловыми, слезными и верхнечелюстными костями, а также непарной нижнечелюстной костью, которая сочленяется с верхнечелюстной двумя суставами. В мозговой отдел входят парные теменные и височные кости, а также непарные лобная и затылочная (рис. 158).

Скелет туловища состоит из позвоночника и грудной клетки. Позвоночник связывает части тела между

собой, выполняет защитную и опорную функции для спинного мозга и спинно-мозговых нервов, поддерживает голову, служит для прикрепления конечностей, перераспределяет тяжесть тела на нижние конечности, а также обуславливает возможность прямохождения. У человека позвоночник состоит из 33–34 позвонков. Типичный позвонок (рис. 159) имеет тело и дугу, которая замыкает позвоночное отверстие, а также отростки. Совокупность позвоночных отверстий образует позвоночный канал, в котором проходит спинной мозг. Отростки служат для прикрепления мышц и соединения позвонков, хотя между ними имеются и хрящевые прокладки — межпозвоночные диски.

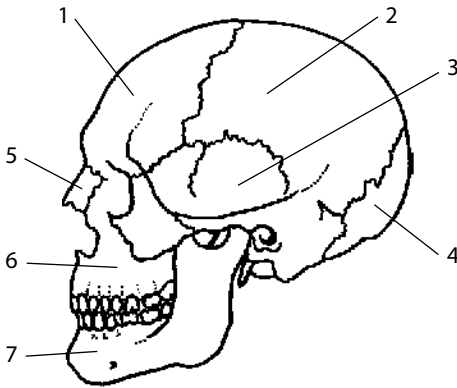


Рис. 159. Кости черепа:

1 — лобная; 2 — теменная; 3 — височная; 4 — затылочная; 5 — носовая; 6 — верхнечелюстная; 7 — нижнечелюстная

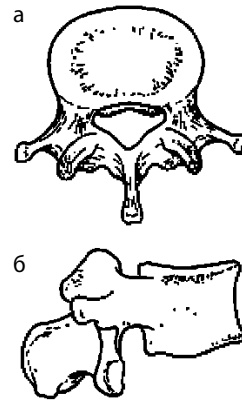


Рис. 160. Поясничный позвонок:

а — вид сверху;
б — вид сбоку

Позвоночник делится на пять отделов: шейный, грудной, поясничный, крестцовый и копчиковый (рис. 160).

В шейном отделе насчитывается 7 позвонков, он обеспечивает движение головы. В связи с тем что первый и второй позвонки шейного отдела — атлант и эпистрофей (осевой) соответственно — обеспечивают поворот головы, они имеют особое строение. Грудной отдел образован 12 позвонками, к которым прикрепляются парные рёбра. В поясничном отделе 5 позвонков. Крестцовый отдел также содержит 5 сросшихся позвонков (*крестец*), а копчиковый — 4–5 сросшихся. В связи с прямохождением величина тела позвонков постепенно увеличивается к крестцовому отделу, тогда как в копчиковом отделе позвонки вновь становятся меньше, поскольку они не несут существенной нагрузки.



Рис. 161. Отделы позвоночника

Позвоночник человека образует *четыре изгиба*: *шейный* и *поясничный лордозы* (вперёд), а также *грудной* и *крестцовый кифозы* (назад).

Грудную клетку образуют рёбра и грудина (рис. 157). Десять пар рёбер из двенадцати сочленяются с грудиной, а две пары заканчиваются в толще мышц, не достигая её. Грудная клетка защищает органы грудной полости, а движения рёбер обеспечивают лёгочную вентиляцию и движение крови и лимфы по сосудам.

Функции конечностей у человека строго разграничены: верхние — органы труда, а нижние — опоры и передвижения. Эти особенности отражаются в строении конечностей. Скелет конечностей образован скелетами верхних и нижних конечностей.

Скелет верхних конечностей делится на скелет свободных верхних конечностей и пояс верхних конечностей (рис. 161).

Пояс верхних конечностей, или *плечевой пояс*, образован парными *лопатками* и *ключицами*. Он обеспечивает прикрепление верхних конечностей к туловищу. *Скелет свободных верхних конечностей* состоит из *плечевой кости*, двух костей предплечья (*локтевой* и *лучевой*) и *костей кисти*. Верхняя головка плечевой кости образует плечевой сустав с лопатками и ключицами, а нижняя

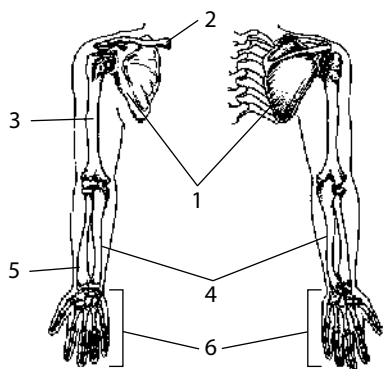


Рис. 162. Скелет верхних конечностей:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 — лопатка; | 4 — локтевая кость; |
| 2 — ключица; | 5 — лучевая кость; |
| 3 — плечевая кость; | 6 — кости кисти |

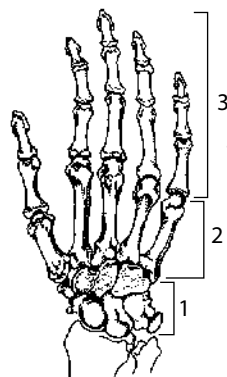


Рис. 163. Кости кисти:

- | |
|---------------------|
| 1 — кости запястья; |
| 2 — кости пясти; |
| 3 — фаланги пальцев |

соединяется с костями предплечья в локтевом суставе. Кости кисти разделяются на кости *запястья*, *пясти* и *фаланги пальцев* (рис. 162).

Скелет нижних конечностей делится на скелет свободных нижних конечностей и пояс нижних конечностей (рис. 163).

Пояс нижних конечностей, или *тазовый пояс*, служащий для прикрепления их к туловищу, представлен тремя парами сросшихся *тазовых костей*. Он прочно соединён с крестцом. *Скелет свободных нижних конечностей* образован *бедренной костью*, двумя костями голени — *большой и малой берцовыми*, *костями стопы* и примыкающим к бедру *надколенником*. Верхняя головка бедренной кости образует с тазом тазобедренный сустав, а с костями голени — коленный, прикрытый спереди надколенником. В состав стопы входят кости *предплюсны*, *плюсны* и *фаланги пальцев* (рис. 164).

Приспособления к прямохождению. В связи с прямохождением у человека по сравнению с другими млекопитающими имеется ряд особенностей строения скелета: постепенное утолщение позвоночника книзу; наличие четырёх изгибов позвоночника, амортизирующих сотрясение при движении; более слабое развитие верхних конечностей по сравнению с нижними в связи с переносом на последние веса тела, а также сводчатая форма стопы, способствующая ослаблению колебаний при перемещении тела.

Строение и функции скелетных мышц. Активная часть опорно-двигательной системы организма человека представлена скелетными *мышцами*. В мышце различают *брюшко*, образованное пучками поперечнополосатых волокон, *головку* и *хвост*, которые прикрепляются к костям с помощью *сухожилий* или вплетаются в кожу. Мышечные волокна, их пучки и брюшко мышцы в целом имеют соединительнотканые оболочки. Оболочка мышцы или группы мышц называется *фасцией* (рис. 165).

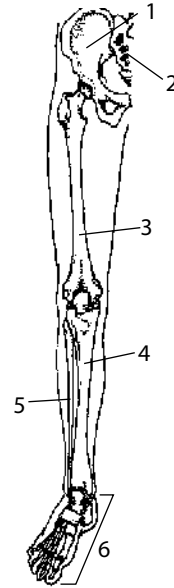


Рис. 164. Кости нижней конечности:

- 1 — тазовые кости;
- 2 — крестец;
- 3 — бедренная кость;
- 4 — большая берцовая кость;
- 5 — малая берцовая кость;
- 6 — кости стопы

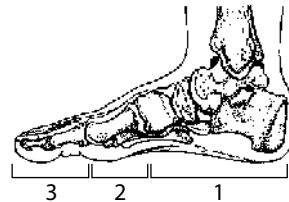


Рис. 165. Кости стопы:

- 1 — кости предплюсны;
- 2 — кости плюсны;
- 3 — фаланги пальцев

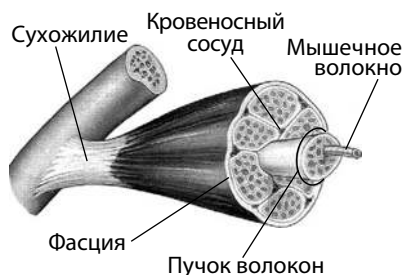


Рис. 166. Строение скелетной мышцы

Для обеспечения бесперебойной работы мышцы обильно снабжаются кровью и иннервируются.

Классификация мышц. Мышцы тела человека классифицируют по морфологическим особенностям, функциям и расположению. Так, по направлению мышечных волокон их подразделяют на *прямые*, *косые* и *круговые*. По функциям мышцы

относят к сгибателям, разгибателям, сфинктерам и др. Например, плечевая мышца и двуглавая мышца плеча являются *синергистами*, поскольку сгибают руку в локтевом суставе. Двуглавая и трёхглавая мышцы плеча — *антагонисты*, так как первая сгибает руку в локтевом суставе, а вторая — разгибает её (рис. 166).

Среди *мышц головы* наибольшее значение имеют *мимические* и *жевательные*, хотя во многих случаях они действуют совместно (речь, жевание, глотание). К мимическим мышцам головы относятся, например, круговые мышцы глаз и рта, тогда как к жевательным — жевательная, височная и др.

Мышцы туловища делят на мышцы шеи, груди, живота и спины. Мышцы шеи обеспечивают движения головы, как, например, *подкожная мышца шеи*. Мышцы груди представлены *большой* и *малой грудными*, *наружными* и *внутренними межрёберными мышцами*. К мышцам живота относятся *косые*, *поперечная* и *прямая мышцы живота* (мышцы пресса), а к мышцам спины — *трапецевидная* и *широчайшая мышцы спины*. Важной мышцей туловища является *диафрагма*, разграничивающая грудную и брюшную полости и принимающая участие в дыхательных движениях.

Наиболее крупными *мышцами верхних конечностей* являются *дельтовидная*, *двуглавая* (бицепс) и *трёхглавая* (трицепс) *мышцы плеча*, а *нижних конечностей* — *четырёхглавая* и *двуглавая мышцы бедра*, *ягодичные*, *портняжная* и *икроножная мышцы*.

Работа мышц. Механическая работа совершается мышцами благодаря их *сокращению*. В основе сокращения мышцы лежит взаимодействие микронитей актина и миозина отдельного мышечного волокна, для совершения которого необходимы энергия АТФ и ионы кальция.

Сокращение мышцы чередуется с *расслаблением*.

Продолжительная деятельность приводит к временному снижению работоспособности мышцы, которое заключается в уменьшении

силы сокращения и удлинении периода расслабления. Это явление называется *утомлением*. Основными причинами утомления мышцы считается её недостаточное снабжение кислородом, способствующее накоплению молочной кислоты на фоне снижения синтеза АТФ, а также утомление нервных центров.

Переутомление. Возникающее в результате чрезмерной деятельности и проявляющееся временным снижением работоспособности физиологическое состояние организма называют *переутомлением*. Оно бывает физическим, умственным и психическим.

При физическом переутомлении наблюдается нарушение функций мышц: снижаются их сила, скорость, точность, согласованность и ритмичность движений.

Умственное переутомление характеризуется снижением продуктивности интеллектуального труда, ослаблением внимания, замедлением мышления и др.

Психическое (душевное) переутомление возникает у младших школьников на фоне интенсивного интеллектуального труда и психического напряжения, вызванного чрезмерным чувством ответственности, а у старших — при эмоциональных переживаниях.

О переутомлении свидетельствуют нарушения сна, аппетита, частые болезни, нарушения памяти и речи, неэффективное расходование физических сил, капризы, повышенная подвижность и агрессивность, уставший вид.

Нарушения опорно-двигательного аппарата, их профилактика. Нарушения опорно-двигательного аппарата возникают вследствие гиподинамии, неправильной осанки (*сколиоз, поясничный лордоз,*

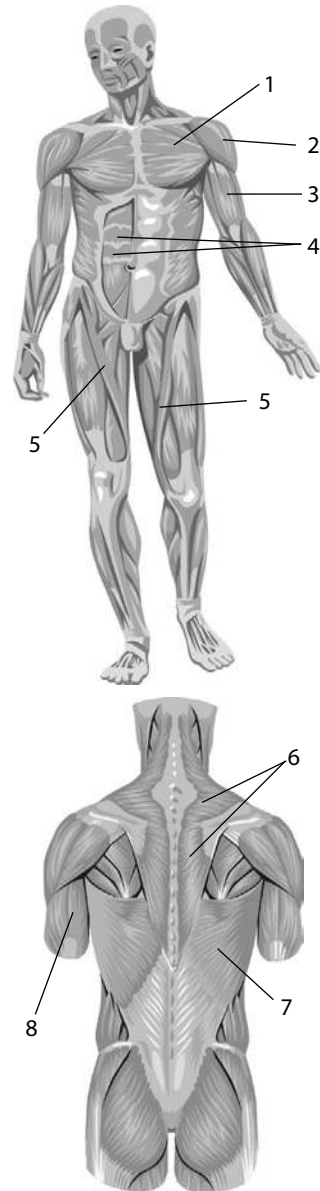


Рис. 167. Основные мышцы человека:

- 1 — большая грудная мышца;
- 2 — дельтовидная мышца;
- 3 — двуглавая мышца плеча;
- 4 — мышцы живота;
- 5 — портняжная мышца;
- 6 — трапециевидная мышца;
- 7 — широчайшая мышца спины;
- 8 — трёхглавая мышца плеча

грудной кифоз и др.), ношения неподходящей обуви (*плоскостопие*), перенесённых заболеваний (*артрозы, артриты, миозиты*), наследственных особенностей и различных механических травм (*ушибы, вывихи, растяжение связок, переломы костей, ранения*).

Гиподинамия сопровождается снижением массы и объёма мышц, газообмена и лёгочной вентиляции, общей работоспособности, ухудшается функциональное состояние сердца, нарушается обмен веществ, увеличивается вероятность атеросклероза и ожирения.

Во избежание возникновения таких заболеваний позвоночника, как сколиоз, грудной кифоз, поясничный лордоз и др., следует заниматься спортом, поддерживать правильную осанку, соблюдать правила личной гигиены и т. д.

Первая помощь при травмах. Первая помощь при *ушибах* состоит в уменьшении степени кровоизлияния и снижении ощущения боли. К ушибленному месту прикладывают холодный предмет (лёд, снег, ёмкость с холодной водой, мокрую холодную ткань, металлическую ложку). При подозрении на ушиб внутренних органов следует немедленно доставить пострадавшего к врачу.

При *вывихе* надо приложить к повреждённому месту холодный предмет, руку подвесить на платке или бинте, на ногу наложить тугую повязку. При этом категорически запрещается вправлять вывих без врача, так как это может привести к серьёзным повреждениям.

При *растяжении связок* следует охладить места поражения, фиксировать их и обеспечить покой пострадавшему. Для этого накладывается тугая повязка, поражённое место переводят в возвышенное по отношению к туловищу положение, к нему прикладывают холод.

Перелом — это нарушение целостности кости. Переломы бывают *открытыми* с наружным кровотечением и повреждением мягких тканей и *закрытыми*. Закрытые переломы могут сопровождаться смещением отломков костей. Признаками перелома являются боль, припухлость, кровоподтёк, подвижность в нетипичном месте и нарушение функции органа.

При открытом переломе следует остановить кровотечение, обработать рану дезинфицирующим раствором и наложить чистую повязку, обездвижить конечность, наложив на неё шину. Если шины нет, стоит использовать подручные материалы — дощечки, палки, или прибинтовать переломанную ногу к здоровой, а переломанную руку — к туловищу. Чтобы шина не давила на перелом, подложить под неё мягкую подложку. Накладывая шину, необходимо охватывать не только поражённый, но и соседние участки, шину

тщательно прикрепить к конечности с помощью широких бинтов, полотенца.

Травмы черепа (сотрясение и ушиб головного мозга, перелом костей черепа) сопровождаются потерей сознания, тошнотой, рвотой, сильными головными болями, головокружением. Часто, придя в сознание, больной не помнит, что с ним произошло.

Первая помощь при травмах черепа заключается в обеспечении пострадавшему полного покоя и наложении холода на голову, с последующим обязательным медицинским обследованием.

Предупреждение травматизма заключается в строгом соблюдении правил дорожного движения, техники безопасности и общей осторожности.

Это интересно!

У новорождённого около 300 костей, но в процессе взросления их количество уменьшается до 206. Мышц насчитается от 640 до 850.

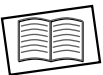
Самая крепкая кость человеческого скелета — бедренная, самая маленькая — стремечко.

Самая короткая мышца человека (длина около 1,27 мм) — стременная (мышца, контролирующая силу звуковых волн, достигающих внутреннего уха); самая длинная — портняжная; самая выносливая — сердечная; самая быстрая — круговая мышца глаза; самые сильные — жевательные мышцы.

В пальцах мышцы отсутствуют, но имеются сухожилия и связки.

Не занимаясь спортом, человек теряет в 30 лет 15% мышечной массы, в 40 лет — 28%, в 50 лет — 40%. При такой потере мышечной массы почти неизбежно наступают проблемы с опорно-двигательным аппаратом, и приходится ходить с палочкой.

Типовые задания



Соединительнотканная оболочка мышцы или группы мышц — это

- | | |
|--------------|---------------------|
| 1) головка | 3) мышечное волокно |
| 2) сухожилие | 4) фасция |

► Ответ. 4.



В скелете человека подвижно соединяются

- 1) височная и теменная кости
- 2) фаланги пальцев
- 3) позвонки позвоночника
- 4) тазовые кости

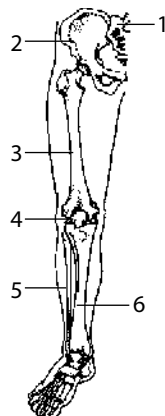
► Ответ. 2.

ЕГЭ

Выберите три верно обозначенные подписи костей, образующих скелет свободной нижней конечности. Запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) тазовая кость
- 2) крестец
- 3) бедренная кость
- 4) лучевая кость
- 5) малая берцовая кость
- 6) большая берцовая кость

► Ответ. 356.



5.3. СИСТЕМА ПИЩЕВАРЕНИЯ

Основные понятия и термины

- **Пищеварение** — процесс механической и химической обработки пищи.
- **Система пищеварения** — система органов, осуществляющая механическое измельчение, химическое расщепление пищи, удаление непереваренных остатков пищи, выделение токсичных продуктов обмена веществ и поддержание иммунитета.

Объяснение и важные примеры

Пищеварительная система человека образована пищеварительным каналом (желудочно-кишечным трактом, ЖКТ) и сопутствующими железами (рис. 167). Органы пищеварительного канала снаружи покрыты соединительной тканью, изнутри выстланы эпителием, а между ними расположен слой мышечной ткани. В ротовой полости, глотке, верхней части пищевода, а также нижней части прямой кишки мышечная ткань поперечнополосатая, тогда как в остальных отделах — гладкая. Пищеварительный канал образуют ротовая полость, глотка, пищевод, желудок и кишечник. К пищеварительным железам относят слюнные, желудочные, кишечные и поджелудочную железы, а также печень.

Ротовая полость подразделяется на преддверие рта, или предротовую полость, и собственно ротовую полость. Спереди и с боков преддверие рта ограничено щеками и губами, а сзади — зубами.

У ребёнка насчитывается 20 молочных зубов, а у взрослого человека — 32 постоянных. Процесс смены зубов завершается к 17–20 годам. Постоянный зуб имеет *коронку*, *шейку* и *корни* (рис. 168). Коронка покрыта *эмалью*, а корни — *цементом*, под ними залегает слой костной ткани — *дентина*. Середину зуба занимает *пульпа*, которую пронизывают кровеносные сосуды, обеспечивающие питание тканей зуба, и нервные окончания. На каждой челюсти у взрослого человека расположено по 4 резца, 2 клыка, 4 малых коренных и 6 больших коренных зубов.

У человека имеется три пары крупных *слюнных желёз* — околоушные, подъязычные и поднижнечелюстные, а также многочисленные мелкие желёзки щек, языка и нёба. Они вырабатывают слюну, содержащую около 99% воды и растворённые в ней минеральные соли и белки, в том числе фермент *амилазу* (птиалин), начинающий расщепление углеводов-полисахаридов, а также лизоцим, который обеззараживает пищу. Значение слюны заключается также в смачивании пищи и склеивании её частиц, что облегчает пережёвывание, формирование пищевого комка и глотание. Для нормального функционирования компонентов слюны необходима щелочная среда ($\text{pH} > 7,0$).

Язык — это мышечный орган, который обеспечивает восприятие вкуса, температуры и консистенции пищи, а также способствует перемешиванию пищи во рту и глотанию пищевого комка. Попадание пищевого комка на корень языка стимулирует глотательный рефлекс. Язык вместе с зубами участвует в формировании членораздельной речи. Таким образом, в ротовой полости происходит измельчение, смачивание и первичное переваривание пищи, а также восприятие её вкуса.

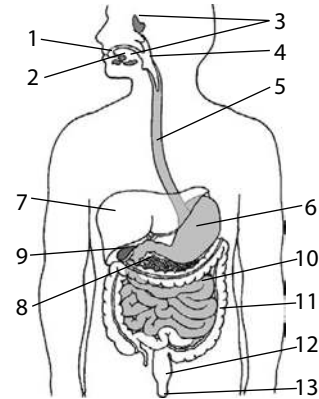


Рис. 168. Пищеварительная система человека:

- 1 — ротовое отверстие;
- 2 — язык;
- 3 — слюнные железы;
- 4 — глотка;
- 5 — пищевод;
- 6 — желудок;
- 7 — печень;
- 8 — поджелудочная железа;
- 9 — жёлчный пузырь;
- 10 — тонкий кишечник;
- 11 — толстый кишечник;
- 12 — прямая кишка;
- 13 — анальное отверстие

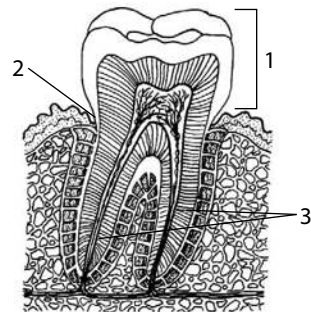


Рис. 169. Строение зуба:

- 1 — коронка; 2 — шейка;
- 3 — корни

Глотка представляет собой воронкообразный канал, соединяющий ротовую и носовую полости с пищеводом и гортанью.

Пищевод расположен позади трахеи, он проходит через диафрагму и впадает в желудок.

Желудок — полый мышечный орган объёмом 1,5–2 л (рис. 169). Железы слизистой оболочки желудка выделяют желудочный сок и слизь, предотвращающую переваривание стенок желудка. В состав желудочного сока входят фермент *пепсин* и *соляная кислота*. Соляная кислота активизирует пепсин и отчасти обеззараживает пищу, а также делает среду в желудке кислой ($\text{pH} < 7,0$). Под действием пепсина начинается расщепление белков. На выходе из желудка находится круговая мышца — *сфинктер*, препятствующая возврату пищи из кишечника.

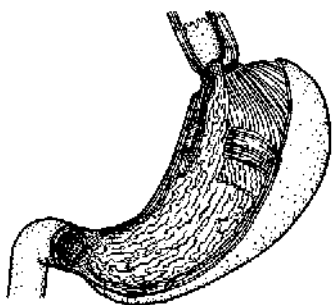


Рис. 170. Строение желудка человека

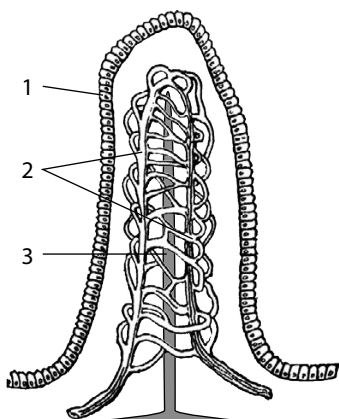


Рис. 171. Строение ворсинки тонкого кишечника

- 1 — эпителий;
- 2 — кровеносные сосуды;
- 3 — лимфатический капилляр

Кишечник собран в петли и подвешен к задней стенке брюшной полости на выросте брюшины — брыжейке. У человека кишечник делится на тонкий и толстый. Длина *тонкого кишечника* составляет около 5–6 м, он образован двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишками. В двенадцатиперстную кишку открываются протоки печени и поджелудочной железы.

Стенки тонкого кишечника изнутри покрыты многочисленными выростами — ворсинками эпителия, содержат многочисленные кишечные железы, вырабатывающие кишечный сок (рис. 170). В тонком кишечнике под действием ферментов сока поджелудочной железы и кишечного сока, выделяемого железистыми клетками эпителия, происходит окончательное расщепление углеводов, белков и жиров, а также их всасывание в кровь и лимфу. Для нормальной работы ферментов в тонком кишечнике оптимальной является щелочная среда ($\text{pH} > 7,0$). Простые углеводы и аминокислоты всасываются в кровь и обязательно проходят через печень, тогда как продукты расщепления жиров поступают в лимфу.

В толстом кишечнике, образованном слепой, ободочной и прямой кишками, происходит обратное всасывание воды и формируются каловые массы. В нём обитают симбиотические бактерии, в частности кишечная палочка, расщепляющие некоторые непереваренные организмом человека вещества, например целлюлозу, синтезируя витамины и другие биологически активные вещества, которые затем всасываются в кровь и используются организмом. Каловые массы периодически удаляются из организма путём дефекации. Слепая кишка имеет червеобразный отросток (аппендикс), который является органом иммунной системы. Его воспаление называется *аппендицитом*.

Печень — самая крупная железа организма, масса которой составляет около 1,5 кг (рис. 171). Секрет печени называется *жёлчью*, он способствует эмульгированию (дроблению капель жира в двенадцатиперстной кишке), омылению, расщеплению и всасыванию жиров, а также стимулирует сокращения стенок кишечника. С жёлчью выделяются также продукты распада вредных для организма веществ. В сутки вырабатывается около 1,5–2 л жёлчи. При отсутствии пищи она временно накапливается в жёлчном пузыре. Кровеносные сосуды, которые оплетают стенки тонкого кишечника, собираются в воротную вену печени. Кровь в печени частично очищается от ядовитых для организма веществ. Избыток глюкозы в плазме крови задерживается в печени и запасается в виде гликогена, при необходимости высвобождаясь. Регулируется данный процесс гормонами поджелудочной железы — *инсулином* и *глюкагоном*.

Поджелудочная железа относится к железам смешанной секреции, поскольку часть её клеток выделяет в тонкую кишку пищеварительный сок, а другая часть выбрасывает в кровяное русло гормоны инсулин и глюкагон (рис. 171). Сок поджелудочной железы содержит ферменты, например амилазу, трипсин и липазу, расщепляющие углеводы, белки и жиры, соответственно.

Регуляция пищеварения. Изучением процессов пищеварения занимался великий русский физиолог И. П. Павлов. Используя методы фистул, мнимого кормления и изолированного желудочка, он установил, что регуляция пищеварения является нейрогуморальной:

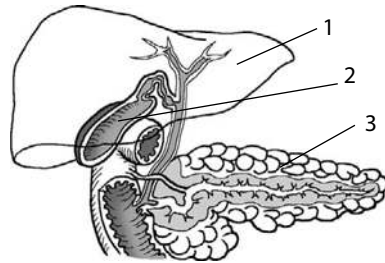


Рис. 172. Печень и поджелудочная железа

- 1 — печень;
- 2 — жёлчный пузырь;
- 3 — поджелудочная железа

выделение пищеварительных соков, равно как и моторика ЖКТ, осуществляются рефлекторно, контролируются центральной нервной системой и биологически активными веществами, в том числе гормонами.

Заболевания системы пищеварения и их предупреждение. Наиболее распространёнными в наше время заболеваниями пищеварительной системы являются кариес, гастрит, колит, язва желудка и двенадцатиперстной кишки, гепатиты, рак желудка и кишечника, а также инфекционные и паразитарные заболевания (холера, брюшной тиф, сальмонеллёз, амёбная дизентерия, лямблиоз, аскаридоз, заболевания, вызванные ленточными червями, и др.). Также с пищей возможно попадание возбудителя смертельно опасного заболевания нервной системы — ботулизма — ботулинической палочки.

Для профилактики инфекционных и паразитарных заболеваний следует строго соблюдать меры гигиены питания, в том числе тщательно мыть руки перед едой, употреблять в пищу только мытые овощи и фрукты, а также продукты, происхождение и срок годности которых не истёк, пить кипячёную воду и т. д.

Это интересно!

Площадь поверхности тонкого кишечника человека равна примерно 250 м^2 (площадь теннисного корта).

Масса всех бактерий и микроорганизмов, живущих в кишечнике человека, — примерно 2,5 кг.

Около 95 % гормона серотонина («гормона счастья»), недостаток которого сказывается на работе эндокринной и сердечно-сосудистой систем, а также на настроении, синтезируется в желудочно-кишечном тракте.

Типовые задания



Компонент слюны, участвующий в обеззараживании пищи, — это

- 1) амилаза
- 2) лизоцим
- 3) муцин
- 4) пепсин

► Ответ. 2.



Какую функцию выполняют кишечные ворсинки в пищеварительном канале человека?

- 1) нейтрализуют вредные вещества, поступающие с пищей
- 2) регулируют моторику тонкого кишечника

- 3) участвуют в образовании витаминов
- 4) увеличивают поверхность соприкосновения пищи со стенкой кишечника

► Ответ. 4.



Все перечисленные ниже признаки, кроме двух, можно использовать для описания пищеварительной системы. Определите два признака, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) образована пищеварительным каналом и сопутствующими железами
- 2) осуществляет процесс механической и химической обработки пищи
- 3) синтезирует витамины и другие биологически активные вещества
- 4) координирует работу всех органов
- 5) вырабатывает антитела

► Ответ. 45.

5.4. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Основные понятия и термины

- **Основной обмен** — энергозатраты в стандартных условиях у спокойно лежащего, но не спящего человека утром натощак.
- **Общий обмен** — энергозатраты организма в условиях обычной жизнедеятельности.
- **Витамины** — незаменимые компоненты пищи, принимающие участие в процессе обмена веществ в качестве регуляторов процессов жизнедеятельности.
- **Авитаминоз** — полное отсутствие какого-либо витамина в организме.
- **Гиповитаминоз** — пониженное содержание витамина в организме.
- **Гипервитаминоз** — повышенное содержание витамина.
- **Водорастворимые витамины** — витамины группы В и С.
- **Жирорастворимые витамины** — витамины А, D и Е.

Объяснение и важные примеры

5.4.1. Энергозатраты человека и пищевой рацион

Обмен веществ и превращения энергии являются одними из важнейших свойств живого. На уровне организма различают основной и общий обмены. *Основной обмен* обеспечивает работу внутренних органов и расслабленных мышц. Взрослый человек расходует в день около 100,56 кДж на 1 кг массы в сутки, а подросток — 142,6 кДж на 1 кг. *Общий обмен* во многом зависит от образа жизни человека, его профессии и возраста и в среднем почти в два раза превышает основной обмен.

На основе исследования обмена веществ разработана концепция рационального питания, согласно которой количество и качество потребляемой пищи должно соответствовать потребностям организма. На этом базируются *нормы питания* — общее количество пищи и соотношение её компонентов, которые обеспечивают нормальное состояние здоровья людей разного возраста, пола, способа жизни и труда, соответствуют биологической природе человека.

Основными источниками энергии в пище являются углеводы, белки и липиды. В суточном рационе взрослого человека белки, липиды и углеводы используются в соотношении 1:1:4. Так, взрослому здоровому человеку, выполняющему работу средней тяжести, необходимо получать в сутки с пищей 100–110 г белков, 60–80 г жиров, 400–500 г углеводов. При этом следует учитывать усвояемость этих продуктов и наличие в них незаменимых amino- и жирных кислот, а также витаминов.

Оптимальным является четырёхразовый режим питания, при этом завтрак должен содержать примерно 30–35 % суточного рациона, второй завтрак или полдник — около 10 %, обед — 40–45 %, а ужин — около 20 %.

5.4.2. Витамины

Витамины входят в состав многих ферментов и некоторых других важнейших веществ, препятствуют их окислению, то есть являются антиоксидантами. Подавляющее большинство витаминов не синтезируется в организме человека и должно поступать с пищей, чаще всего растительной. Важная роль в обеспечении организма витаминами принадлежит микрофлоре толстого кишечника, которая вырабатывает, например, некоторые витамины группы В. Наличие в организме витаминов может колебаться от состояния *авитаминоза*

до *гипервитаминоза*. Витамины не выдерживают температурной обработки и длительного хранения. Всего известно около 20 витаминов и витаминоподобных веществ. По физико-химическим свойствам их делят на две группы: *водорастворимые* и *жирорастворимые*. К первой группе относятся витамины группы В и С, ко второй — А, D и Е.

Витамин А (ретинол) имеется в рыбьем жире, яйцах, сливочном масле, шпинате, моркови и других растительных продуктах жёлто-оранжево-красного цвета. Недостаток ретинола приводит к изменениям кожи и слизистых оболочек, поражению пищеварительного аппарата, снижению остроты сумеречного зрения (так называемая «*куриная слепота*»), нарушениям роста.

Витамин В₁ (тиамин) присутствует в муке грубого помола, дрожжах, печени, почках и яйцах. Нарушение поступления витамина В₁ приводит к развитию болезни *бери-бери*, симптомами которой являются расстройства нервной системы (полиневрит), сердечно-сосудистые заболевания и мышечная атрофия.

Витамин В₂ (рибофлавин) содержится в дрожжах, хлебе, семенах злаков, яйцах, мясе, свежих овощах и фруктах, частично синтезируется микрофлорой кишечника. При недостатке витамина В₂ происходит поражение слизистых оболочек, воспаление слизистой языка, поражения глаз, наблюдается общая мышечная слабость и слабость сердечной мышцы, анемия.

Витамином В₆ (пиридоксин) богаты пшеничная и кукурузная мука, крупы, дрожжи, печень, почки, молоко, мясо, рыба, он синтезируется кишечными бактериями. Гиповитаминоз В₆ (*пеллагра*) сопровождается нарушениями белкового и жирового обмена, тошнотой, рвотой, нервными расстройствами, повышенной возбудимостью нервной системы, заболеваниями кожи.

Витамин В₁₂ (кобаламин) содержится исключительно в продуктах животного происхождения — печени, рыбе, мясе, яичных желтках, кисломолочных продуктах. В его состав входит микроэлемент кобальт. Авитаминоз В₁₂ сопровождается *малокровием (анемией)*.

Витамина С (аскорбиновая кислота) много в плодах чёрной смородины, шиповника и цитрусовых, в капусте, шпинате и других зелёных растениях. При недостатке витамина С развивается *цинга* (скорбут), симптомами которой являются исхудание, отёки, кровоточивость дёсен, синяки и кровоизлияния на теле и внутренних органах, малокровие (анемия), ломкость костей, нервно-психические расстройства, снижение устойчивости к различным заболеваниям.

Витамин D (кальциферол) синтезируется в коже под действием ультрафиолетовых лучей. Источниками витамина являются рыбий жир, печень, масло и яйца. Гиповитаминоз D сопровождается нарушением формирования костной ткани, размягчением и искривлением костей у детей — *рахитом*, нарушением формирования зубов.

Витамин E (токоферол) присутствует в растительных маслах. Особенно высоко его содержание в масле, полученном из зародышей пшеницы, и в зелёном горошке. Недостаток витамина E приводит к нарушению формирования половых желёз и бесплодию, мышечной дистрофии, появлению некрозов в печени, тканях мозга, особенно в мозжечке.

Для профилактики вышеуказанных нарушений каждый человек должен принимать суточную дозу витаминов, лучше всего с продуктами питания, а не в виде синтетических препаратов.

Это интересно!

Хотя витамины необходимы нашему организму, много не значит лучше. Например, большие дозы витамина C могут вызвать диарею, а витамина A — повреждать почки и печень.

Типовые задания



Какой витамин может синтезироваться клетками организма человека?

- 1) A
- 2) B₁
- 3) B₆
- 4) D

► Ответ. 4.



Прочитайте текст и выполните задание.

Их позвал горизонт

(Ю. А. Сенкевич, А. В. Шумилов)

В начале 1741 года Витус Беринг приглашает натуралиста Стеллера «для морского вояжа» к берегам Америки.

Когда цинга на корабле только начиналась, Стеллер предложил собрать на одном из Алеутских островов противоязвенные травы. Но это «было сочтено для лекарственного помощника неподходящим делом, а для матросов — лишним».

Однако спустя год после ужасной зимовки на острове Беринга («Цинга многим так страшно изуродовала рот, что от сильной

боли они не могли есть — почти чёрные, как губка, распухшие дёсны переросли и покрыли зубы») Ваксель напишет: «Большую услугу оказал нам адъютант Стеллер, отличный ботаник, который собирал различные растения и указывал нам разнообразные травы. Могу с полной достоверностью засвидетельствовать, что ни один из нас не почувствовал себя вполне здоровым и не вошёл в полную силу, пока не стал получать в пищу и вообще пользоваться свежей зеленью, травами и кореньями».

В Европе ещё не знали о витаминах. Считали, что цинга — следствие сырости на корабле, «следствие особенного свойства и взаимного отношения составных частей атмосферного воздуха». Сведения о противоцинготных свойствах тех или иных трав Стеллер, несомненно, приобрёл, изучая уклад жизни камчадалов. Он был внимательным и зорким наблюдателем. По его словам, камчадалы «собирают для лекарств, а также и для пищи на зиму сотни (!) различных семян, корней и трав».

Используя содержание текста «Их позвал горизонт», ответьте на следующие вопросы:

- 1) Недостаток какого вещества мог привести к развитию цинги у путешественников?
- 2) Каковы признаки цинги?
- 3) Какие продукты могут предотвратить развитие описанного авитаминоза?

ЕГЭ

Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания функций жирорастворимых витаминов. Запишите **цифры**, под которыми они указаны.

(1) Витамины — это незаменимые компоненты пищи, принимающие участие в процессе обмена веществ как регуляторы процессов жизнедеятельности. (2) Витамин А (ретинол) является компонентом зрительного пигмента палочек сетчатки — родопсина, его недостаток вызывает снижение остроты сумеречного зрения (т. н. «куриную слепоту»). (3) Витамины В₁ (тиамин) и В₆ (пиридоксин) участвуют в энергетическом обмене в качестве коферментов. (4) Авитаминоз В₁ приводит к развитию болезни бери-бери, а по В₆ — пеллагры. (5) Витамин С (аскорбиновая кислота) необходим для нормального функционирования соединительной ткани, при нарушении его поступления в организм развивается цинга. (6) Витамин

D (кальциферол) способствует накоплению кальция организмом, его дефицит вызывает рахит и кариес. (7) Витамин E (токоферол) является антиоксидантом, авитаминоз по витамину E у человека сопровождается мышечной дистрофией.

► Ответ. 267.

5.5. СИСТЕМА ДЫХАНИЯ

Основные понятия и термины

- **Дыхание** — совокупность процессов окисления органических веществ с высвобождением энергии, осуществляемых живыми организмами. У позвоночных животных и человека различают внешнее (лёгочное) и тканевое (клеточное) дыхание.
- **Система дыхания человека** — дыхательные пути и лёгкие.
- **Дыхательные пути:** носовая полость, носоглотка, гортань, трахея и бронхи, разветвляющиеся в лёгких на многочисленные бронхиолы.
- **Жизненная ёмкость лёгких (ЖЁЛ)** — объём воздуха, который можно выдохнуть после самого глубокого вдоха (3,5–5,0 л).

Объяснение и важные примеры

Дыхание у человека и ряда животных является многостадийным процессом: воздух поступает в лёгкие, затем кислород диффундирует в кровь, транспортируется из неё в ткани, проникает в клетки, где непосредственно участвует в процессе высвобождения энергии, называемом *тканевым дыханием*. *Внешнее дыхание*, или процесс газообмена между организмом и окружающей средой, целиком зависит от функционирования дыхательной системы. Также она играет важную роль в терморегуляции, осуществлении выделительной и речевой функций.

Строение дыхательной системы. Дыхательная система человека (рис. 172) состоит из *дыхательных путей* (рис. 173) и *лёгких*.

Носовая полость открывается наружу ноздрями и сообщается с носоглоткой. Она разделена носовой перегородкой на две симметричные половины, каждая из которых разделена на носовые раковины и ходы. Носовая полость выстлана мерцательным эпителием с многочисленными железистыми клетками и обильно снабжается

кровью. В ней воздух очищается от взвешенных частиц и микроорганизмов, увлажняется и приводится к температуре тела (согревается или охлаждается). В верхней части носовой полости расположены обонятельные рецепторы, обеспечивающие восприятие запаха. С носовой полостью связаны также околоносовые пазухи — полости ряда костей черепа.

Носоглотка сообщается с носовой и ротовой полостями, а также с гортанью.

Гортань — воронкообразный соединительнотканый орган, прикрытый хрящевым надгортанником. При попадании пищи на корень языка, когда происходит рефлекторный акт глотания, надгортанник должен закрыться, чтобы пища не попала в дыхательные пути. Передняя часть гортани сформирована щитовидным хрящом, пластинки которого у мужчин срастаются под острым углом и формируют *кадык*, или адамово яблоко. В гортани расположены голосовые связки, обеспечивающие вместе с зубами, языком и губами членораздельную речь.

Трахея спереди защищена хрящевыми полукольцами, а сзади затянута эластичной соединительнотканной перегородкой, что обеспечивает беспрепятственное прохождение пищи по пищеводу, расположенному непосредственно за трахеей. В нижней части трахея разветвляется на два бронха — правый и левый.

Бронхи имеют соединительнотканную оболочку с хрящевыми кольцами. Входя в лёгкие, они начинают разветвляться на более мелкие бронхи следующих порядков и бронхиолы, заканчивающиеся пузырьками — *альвеолами*, собранными в гроздевидные структуры.

Лёгкие — парные органы, лежащие в грудной полости, ограниченной грудной клеткой и диафрагмой. Лёгкие покрыты плеврой, имеющей два листка — наружный

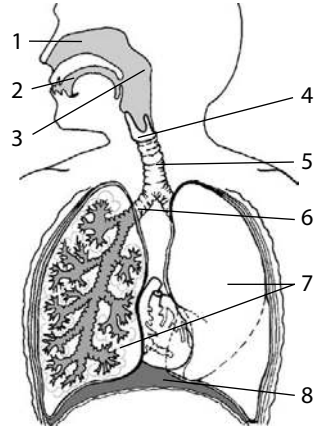


Рис. 173. Дыхательная система человека:

- 1 — носовая полость;
- 2 — ротовая полость;
- 3 — носоглотка;
- 4 — гортань;
- 5 — трахея;
- 6 — бронхи;
- 7 — лёгкие;
- 8 — диафрагма

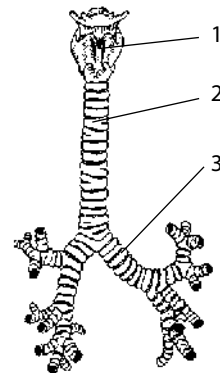


Рис. 174. Дыхательные пути:

- 1 — гортань;
- 2 — трахея;
- 3 — бронхи

и внутренний, между которыми находится плевральная жидкость, уменьшающая силу трения при дыхательных движениях. Лёгкие человека имеют альвеолярное строение (рис. 174).

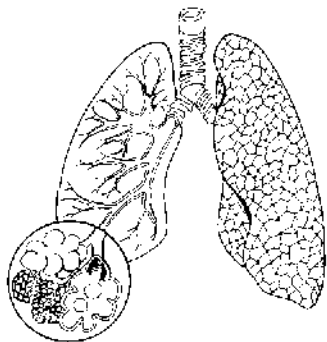


Рис. 175. Альвеолярное строение лёгких

Стенки альвеол образованы эпителием и густо оплетены капиллярами, они выделяют специальную жидкость, которая способствует газообмену и препятствует спаданию стенок альвеол. В альвеолах воздух отдаёт крови кислород и обогащается углекислым газом.

Механизм лёгочной вентиляции.

При вдохе сокращаются наружные межрёберные мышцы, рёбра поднимаются, диафрагма опускается, объём грудной клетки увеличивается, давление в грудной полости падает, что приводит к растяжению лёгких и втягиванию воздуха в них. Выдох происходит в обратном порядке: внутренние межрёберные мышцы и мышцы живота сокращаются, рёбра опускаются, диафрагма поднимается, объём грудной клетки уменьшается, объём лёгких сокращается и воздух выталкивается наружу. В состоянии покоя человек производит вдох и выдох 16–20 раз в одну минуту (частота дыхательных движений, или ЧДД).

Газообмен. Совершая вдох и выдох, человек вентилирует лёгкие, поддерживая в альвеолах относительно постоянный состав газов. Во вдыхаемом воздухе концентрация кислорода повышена, а в выдыхаемом — снижена. Содержание же углекислого газа в выдыхаемом воздухе, наоборот, выше, чем во вдыхаемом. В лёгких кислород из альвеолярного воздуха переходит в кровь, а углекислый газ из крови — в лёгкие путём диффузии через стенки альвеол и кровеносных капилляров. Направление и скорость диффузии определяются парциальным давлением газа в воздухе, или его напряжением в растворе.

Жизненная ёмкость лёгких. При спокойном вдохе и выдохе через лёгкие человека проходит около 500 мл воздуха (дыхательный объём), а при глубоком — около 3500 мл (*жизненная ёмкость лёгких*). У спортсменов ЖЕЛ может достигать 5000 мл. Частота и глубина дыхания возрастают при физических нагрузках, эмоциональных переживаниях, снижении температуры окружающей среды и т. д.

Дыхательные и лёгочные объёмы исследуются при помощи прибора — спирометра.

Регуляция дыхания. Дыхание является рефлекторным актом: вдох вызывается снижением концентрации кислорода и увеличением концентрации углекислого газа в крови, а выдох стимулируется растяжением стенок дыхательных путей и лёгких. Дыхательные центры вдоха и выдоха расположены в продолговатом мозге.

Различают нервную и гуморальную регуляции дыхания. Так, симпатический отдел вегетативной нервной системы способствует учащению дыхания и увеличению глубины дыхания, а парасимпатический, наоборот, снижает его частоту и глубину.

В гуморальной регуляции дыхания задействован в основном гормон адреналин, выброс которого в кровь способствует увеличению частоты и силы дыхательных движений.

Заболевания дыхательной системы и их профилактика. Наиболее распространёнными заболеваниями являются насморк, гайморит, тонзиллит, дифтерия, фарингит, трахеит, бронхит, астма, пневмония, туберкулёз, рак лёгких и др. Одни из них вызываются вирусами, другие, такие как дифтерия, пневмония и туберкулёз, — бактериями, третьи провоцируются внешними факторами. В последнее время заболеваемость туберкулёзом приобретает характер эпидемии.

Качество атмосферного воздуха является неотъемлемым фактором здоровья, поскольку недостаток кислорода в атмосфере вызывает нарушения жизнедеятельности организма, а иногда приводит к смерти. Повышение концентрации углекислого газа ослабляет работу сердца, вызывает головную боль, рвоту, потерю сознания.

Вдыхание оксида углерода (II), или угарного газа, — продукта неполного сгорания, выделяющегося при пожарах в закрытых помещениях и при преждевременном закрытии вьюшки печной трубы или камина, вызывает потерю сознания, и лишь своевременная помощь, оказанная пострадавшему, может спасти его жизнь.

Загрязнение воздуха частичками пыли и сажи, а также химическими соединениями может привести к развитию астмы, силикоза и даже рака лёгких, в тому числе у активных и пассивных курильщиков.

Профилактика заболеваний дыхательной системы связана с очисткой воздуха в результате влажной уборки, при эпидемиях — с применением индивидуальных средств защиты.

Правила гигиены дыхания: дышать глубоко и медленно; рабочие движения, связанные со значительными усилиями, должны совпадать со вдохом; регулярно бывать на свежем воздухе, заниматься физическими упражнениями: зарядкой, греблей, плаванием и т. д.; дышать только носом; при кашле и чихании закрывать нос

и рот платком; проводить борьбу с пылью на улицах и в помещениях; сформировать правильную осанку; во время общения с людьми, заболевшими инфекционными заболеваниями, необходимо придерживаться осторожности: носить марлевые повязки; отказаться от вредных привычек.

Первая помощь при остановке дыхания. Остановка дыхания может наступить при утоплении, удушении, заваливании землёй, снегом, поражении электротоком и молнией.

Извлечённому из воды утопающему необходимо срочно удалить воду из лёгких и дыхательных путей. Для этого его нужно перекинуть через колено лицом вниз и резкими движениями сдавливать живот и грудную клетку, либо резко встряхнуть, взяв за талию. Также резко надавить пальцами на корень языка пострадавшего для провоцирования рвотного рефлекса и стимуляции дыхания.

Извлечённому из-под завала пострадавшему необходимо сначала очистить рот и нос от грязи.

При удушении для восстановления дыхания следует открыть пострадавшему рот и оттянуть язык вперёд либо откинуть его голову назад.

В случае поражения электрическим током или молнией в первую очередь необходимо вынести пострадавшего из зоны поражения, соблюдая меры предосторожности.

Пострадавшему во всех этих случаях можно дать понюхать нашатырный спирт, который возбуждает дыхательный центр.

Если дыхание у пострадавшего не восстановилось, то необходимо применить искусственное дыхание, а при остановке сердца — и непрямой массаж сердца.

Для этого пострадавшего укладывают лицом вверх на твёрдую поверхность и освобождают его шею, грудь и живот от давящих предметов одежды. Под лопатки ему подкладывают что-то мягкое или подводят руку и запрокидывают его голову назад и выдвигают нижнюю челюсть вперёд, что освобождает его дыхательные пути. Основными способами искусственного дыхания являются «изо рта в рот» и «изо рта в нос».

После этого следует вдуть ему воздух в закрытые марлей или носовым платком нос или в рот. При расширении грудной клетки пострадавшего вследствие такого «вдоха» ему делают искусственный «выдох» путём надавливания на грудную клетку. Оба действия повторяют ритмично 16–20 раз в минуту.

При отсутствии сердцебиения следует сочетать искусственное дыхание с непрямой массаж сердца, после каждого вдувания

воздуха быстро и резко надавливая 4–5 раз на нижнюю треть грудины в направлении позвоночника.

Оказание первой помощи можно считать успешным, если у пострадавшего порозовела кожа, появился пульс и сузились зрачки, однако её нельзя прекращать до тех пор, пока дыхание не станет самостоятельным и пострадавший не придёт в сознание.

При оказании помощи спасённому из воды или из-под завала следует также согреть пострадавшего.

После оказания первой помощи необходимо доставить пострадавшего в больницу как можно скорее.

Это интересно!

В среднем человек делает 1000 вдохов за час, 26 000 — за сутки, а за год — 9 миллионов. В течение всей жизни женщина вдыхает около 746 миллионов раз, а мужчина — 670 миллионов раз.

У людей, не занимающихся физическими упражнениями, спортом, разница в объёме грудной клетки при максимальном вдохе и выдохе не превышает обычно 4–6 см, а у спортсменов она достигает 8–12 см и более.

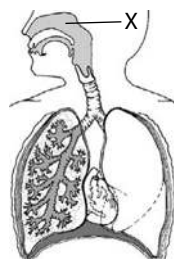
Типовые задания



Какая ткань выстилает дыхательные пути, обозначенные на рисунке буквой X?

- 1) многослойный плоский ороговевающий эпителий
- 2) призматический эпителий
- 3) переходный эпителий
- 4) реснитчатый эпителий

► Ответ. 4.



Возрастание частоты и глубины дыхания у спортсменов во время забега обусловлено

- 1) сужением кровеносных сосудов
- 2) расширением кровеносных сосудов
- 3) снижением концентрации углекислого газа в крови
- 4) снижением концентрации кислорода в крови

► Ответ. 4.



Установите последовательность процесса вдоха в организме человека. Запишите соответствующую последовательность цифр.

- 1) поднятие рёбер и опускание диафрагмы
- 2) растяжение лёгких
- 3) сокращение межрёберных мышц и диафрагмы

- 4) увеличение объёма грудной полости
- 5) возбуждение хеморецепторов дыхательного центра
- 6) повышение концентрации углекислого газа в крови
- ▶ Ответ. 653142.

5.6. КРОВЕНОСНАЯ И ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМЫ

Основные понятия и термины

- ▶ **Кровообращение** — непрерывное движение крови по замкнутым полостям сердца и кровеносным сосудам.
- ▶ **Кровеносная (сердечно-сосудистая) система человека:** сердце и кровеносные сосуды (артерии, вены, капилляры).
- ▶ **Перикард** — околосердечная соединительнотканная сумка.
- ▶ **Слои стенки сердца:** *эпикард* — наружный, *миокард* — средний (мышечный), *эндокард* — внутренний.
- ▶ **Сердечный цикл** — последовательность процессов, которые происходят за одно сокращение сердца и его последующее расслабление.
- ▶ **Систола** — сокращение сердечной мышцы.
- ▶ **Диастола** — расслабление сердечной мышцы.
- ▶ **Артериальная кровь** — кровь, обогащённая кислородом.
- ▶ **Венозная кровь** — кровь, обеднённая кислородом и насыщенная углекислым газом.
- ▶ **Артерии** — сосуды, несущие кровь от сердца к органам.
- ▶ **Вены** — сосуды, несущие кровь от органов к сердцу.
- ▶ **Капилляры** — мельчайшие сосуды.
- ▶ **Пульс** — ритмическое колебание стенок артерий, вызываемое деятельностью сердца.
- ▶ **Малый круг кровообращения:** правый желудочек → лёгочные артерии → капилляры лёгких → лёгочные вены → левое предсердие.
- ▶ **Большой круг кровообращения:** левый желудочек → аорта → артерии → капилляры → вены → верхняя и нижняя полые вены → правое предсердие.
- ▶ **Лимфатическая система** — совокупность лимфатических сосудов и узлов.

Объяснение и важные примеры

Система кровообращения человека, или кровеносная система (рис. 175), замкнутая, имеет два круга кровообращения. Кровообращение обеспечивается сердечными сокращениями.

Строение сердца. *Сердце* — полый мышечный орган, который обеспечивает движение крови по сосудам благодаря ритмическим сокращениям в течение всей жизни. Оно и заключено в *перикард* и расположено несколько влево от срединной линии грудной полости над диафрагмой. Между перикардом и стенкой сердца находится жидкость, снижающая трение при сокращении сердца. Стенки сердца трёхслойные (рис. 176).

Сердце у человека (рис. 177) четырёхкамерное, оно делится перегородкой на правую и левую половины. Левая половина заполнена артериальной кровью, а правая — венозной. Каждая половина делится на предсердие и желудочек, разграниченные клапанами. Между правым предсердием и правым желудочком расположен *трёхстворчатый клапан*, а между левым предсердием и левым желудочком — *двухстворчатый (митральный)*. Левый желудочек обеспечивает движение крови по всем органам и испытывает большие нагрузки, поэтому его мышечные стенки развиты сильнее, чем у правого.

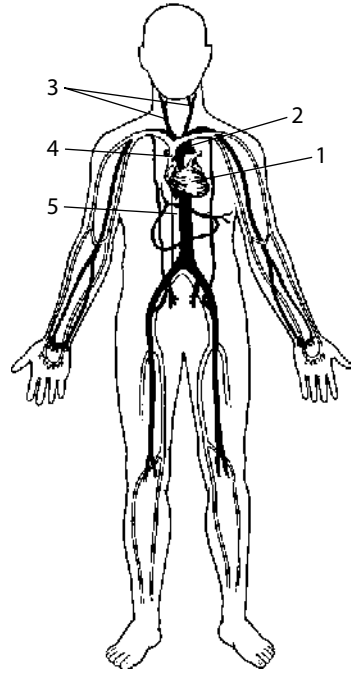


Рис. 176. Кровеносная система человека:

- 1 — сердце;
- 2 — аорта;
- 3 — сонные артерии;
- 4 — верхняя полая вена;
- 5 — нижняя полая вена

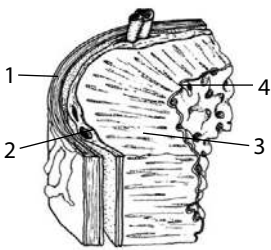


Рис. 177. Строение стенок сердца:

- 1 — перикард; 2 — эпикард;
- 3 — миокард; 4 — эндокард

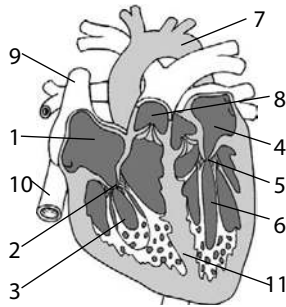


Рис. 178. Строение сердца:

- 1 — правое предсердие;
- 2 — трёхстворчатый клапан;
- 3 — правый желудочек;
- 4 — левое предсердие;
- 5 — двухстворчатый клапан;
- 6 — левый желудочек;
- 7 — аорта;
- 8 — лёгочный ствол;
- 9 — верхняя полая вена;
- 10 — нижняя полая вена;
- 11 — перегородка

Работа сердца. Цикл работы сердца состоит из чередующихся *систолы* и *диастолы*. Наполненные кровью предсердия сокращаются (0,1 с), проталкивая кровь в желудочки. Сокращение стенок желудочков, выбрасывающих кровь в сосуды, длится около 0,3 с. После выброса крови происходит общее расслабление стенок сердца (0,4 с), после чего цикл повторяется. Возвращению крови из сосудов в желудочки препятствуют *полулунные клапаны* в артериях. В норме частота сердечных сокращений (ЧСС) достигает 60–72 сокращений в минуту, однако при физической нагрузке может возрастать до 180–200. За один цикл работы сердце выбрасывает около 65–75 мл крови, это количество крови называется *систолическим объёмом*. Соответственно, за минуту сердце перекачивает 4–4,5 л крови (минутный объём крови).

Автоматия сердца. Сердце способно сокращаться автономно, без внешних побуждений. Возбуждение может возникать в двух специальных участках сердечной мышцы — *узлах*. Ведущий узел, расположенный в стенке правого предсердия у места впадения полых вен, задаёт частоту сердечных сокращений, поэтому его называют *водителем ритма*. От него возбуждение распространяется по всему миокарду. Одновременность сокращения предсердий или желудочков достигается за счёт наличия особого типа клеточных контактов в сердечной поперечнополосатой мышечной ткани — *нексусов*.

Регуляция работы сердца. Под воздействием внешних и внутренних факторов может наблюдаться изменение работы сердца. *Нервная регуляция* работы сердца осуществляется вегетативной нервной системой: её симпатический отдел способствует увеличению частоты и силы сердечных сокращений, а парасимпатический, наоборот, ослабляет их и урежает ритм. Центры регуляции сердечной деятельности находятся в спинном и продолговатом мозге, а также в гипоталамусе и коре больших полушарий переднего мозга.

Гуморальная регуляция осуществляется биологически активными веществами, циркулирующими в крови. Например, гормоны адреналин, норадреналин и тироксин, а также ионы кальция увеличивают силу и частоту сердечных сокращений. Это имеет важное биологическое значение, поскольку сильные физические нагрузки и эмоциональное напряжение связаны с выбросом адреналина в кровь, что влечёт за собой усиление сердечной деятельности. Ионы калия оказывают на сердце противоположное влияние, ослабляя и замедляя сердечные сокращения.

Строение и функции кровеносных сосудов. Различают три вида сосудов: *артерии*, *вены* и *капилляры*. Крупнейшими артериями

организма человека являются *аорта*, берущая начало от левого желудочка сердца, *лёгочные* и *сонные артерии*. Самыми крупными венами организма человека являются *верхняя* и *нижняя полые вены*, собирающие кровь от верхней и нижней половины тела, а также *лёгочные вены*. Стенки крупных сосудов образованы эластичной соединительной тканью, гладкой мышечной тканью и эпителием, однако артерии отличаются от вен тем, что у них имеется более мощный слой мышечной ткани, сокращение которой способствует продвижению крови по сосудам. В венах же есть *клапаны*, препятствующие движению крови в обратном направлении. Стенки капилляров образованы только эпителиальной тканью. Капилляры образуют сеть во внутренних органах, обеспечивая доставку крови в самые отдалённые точки организма.

Круги кровообращения. Кровеносная система человека имеет два круга кровообращения — *большой* и *малый* (рис. 178).

Большой круг кровообращения соединяет сердце со всеми органами тела, кроме лёгких. Он начинается в *левом желудочке*, кровь из которого выбрасывается в *аорту*, растекается по артериям и капиллярам всего тела, а затем собирается в *верхнюю* и *нижнюю полые вены*, впадающие в *правое предсердие*. К большому кругу относится и кровообращение самого сердца, осуществляемое по *венечным артериям*. Артерии большого круга кровообращения несут артериальную кровь, а вены — венозную.

Малый круг кровообращения связывает сердце с лёгкими. Он начинается в *правом желудочке* и заканчивается в *левом предсердии*. *Лёгочные артерии* малого круга кровообращения несут *венозную* кровь, а *лёгочные вены* — *артериальную*.

Пульс. Нагнетание крови в аорту вызывает волнообразное движение её стенок вследствие кратковременного повышения давления. Продвижение крови по артериям сопровождается такими же ритмическими колебаниями, которые называют *пульсом*. Пульс можно легко прощупать на артериях, которые лежат на кости, чаще всего на лучевой артерии в районе запястья. По пульсу можно определить частоту и силу сердечных сокращений, что в некоторых случаях используют с диагностической целью. У здорового человека пульс

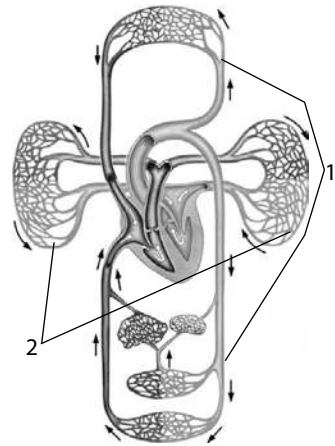


Рис. 179. Круги кровообращения:
1 — большой круг;
2 — малый круг

ритмичный, тогда как при заболеваниях может наблюдаться нарушение ритма — *аритмия*.

Кровяное давление. Кровь выбрасывается из сердца под давлением, которое поддерживается в артериях, в капиллярах оно существенно падает из-за сопротивления их стенок току крови, но всё же минимально кровяное давление в венах. Продвижению крови по венам способствуют нагнетание новых порций крови из артерий в капилляры, невозможность её возврата из-за наличия клапанов, а также сокращение скелетных мышц, однако основным фактором движения крови является разность давлений в сосудах. Артериальное давление является важным медицинским показателем, указывающим на состояние пациента. Оно измеряется при помощи *тонометра*.

Заболевания кровеносной системы. К основным патологиям кровеносной системы относятся гипотония и гипертония, инфаркт миокарда, инсульт, атеросклероз. *Гипотонией (артериальной гипотензией)* называют стойкое понижение давления крови в сосудах, *гипертония (артериальная гипертензия)* сопряжена с повышением давления. *Инфаркт миокарда* — это нарушение проводимости мышечной стенки сердца вследствие отмирания части клеток. При *атеросклерозе* происходит отложение холестериновых бляшек под эпителием сосудов, которые закрывают просвет и повышают ломкость сосудов. Атеросклероз может быть причиной *инсульта* — кровоизлияния в головном мозге вследствие разрыва сосуда.

Первая помощь при кровотечениях из ран на конечностях. Кровотечения могут быть внешними, когда кровь изливается наружу, и внутренними, когда она поступает внутрь. Ко внешним кровотечениям относятся капиллярные, артериальные и венозные.

Капиллярное кровотечение возникает при поверхностном ранении, и кровь вытекает из раны по каплям. Такую рану обрабатывают перекисью водорода и накладывают повязку.

Артериальное кровотечение является результатом повреждении артерий, при этом из них вытекает пульсирующей струей ярко-алая кровь. При оказании первой помощи место над раной, где будут жгут, оборачивают несколькими слоями марли, жгут дважды или трижды оборачивают вокруг конечности, концы жгута закрепляют с помощью крючка или завязывают узлом, обозначают время наложения жгута на записке, так как он не должен находиться на теле более 2 ч.

Венозное кровотечение возникает в результате повреждения вен, при этом из раны вытекает непрерывная струя крови тёмно-вишнёвого цвета. Для остановки венозного кровотечения рану

смазывают раствором антисептического средства, например перекисью водорода, прикрывают несколькими слоями стерильных марлевых салфеток, накладывают толстый слой ваты, а поверх неё — тугую повязку. Повязку можно закрепить лейкопластырем, чтобы она не смещалась.

Строение лимфатической системы. Система лимфообращения, или лимфатическая (рис. 179), состоит из *лимфатических сосудов* и *узлов*, расположенных по ходу сосудов. К сосудам системы лимфообращения относятся *капилляры* и *протоки*, наиболее крупный из последних — грудной.

В отличие от кровеносной системы, сосуды лимфатической не образуют замкнутого круга, так как наиболее крупные из них впадают в вены большого круга кровообращения вблизи правого предсердия. Движение лимфы обеспечивается ритмическим сокращением стенок крупных лимфатических сосудов, наличием клапанов в них, присасывающим действием грудного лимфатического протока, грудной полости и сокращением скелетных мышц. Ток лимфы медленный.

Лимфатическая система выполняет защитную, дренажную и питательную функции. Защитная функция лимфатической системы связана с образованием в её узлах лимфоцитов, выработкой антител и задержкой возбудителей заболеваний. С лимфой переносятся продукты расщепления липидов, всасывающиеся в тонком кишечнике.

Это интересно!

Сердце среднестатистического человека совершает более 2,6 миллиарда ударов (при условии сердцебиения 72 удара в минуту) за 70 лет жизни. Суммарная длина кровеносных сосудов человека — около 100 000 км.

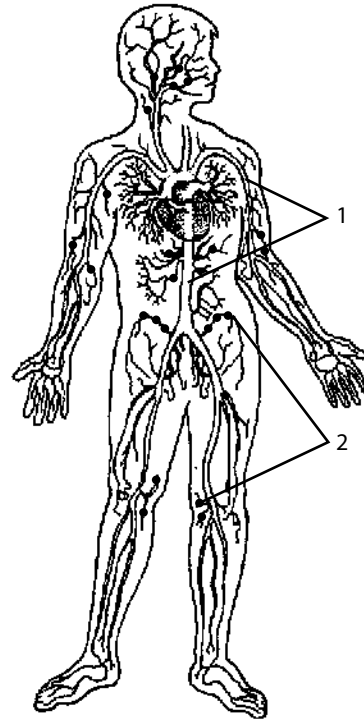


Рис. 180. Лимфатическая система человека:

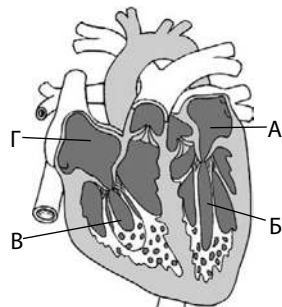
- 1 — лимфатические сосуды;
- 2 — лимфатические узлы

Типовые задания

На рисунке изображена схема строения сердца человека. Малый круг кровообращения начинается из камеры, обозначенной буквой

- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

► Ответ. 3.



Рассмотрите предложенную схему большого круга кровообращения. Запишите в ответе пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.

? → аорта → артерии → капилляры → объединение в вены → верхняя и нижняя полые вены → правое предсердие.

► Ответ. Левый желудочек.



Найдите три ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их.

(1) Кровеносная система человека замкнутая, образована сердцем и сосудами. (2) Сердце человека находится в околосердечной сумке — миокарде. (3) Правая половина сердца заполнена артериальной кровью, а левая — венозной. (4) Сердце и сосуды образуют два круга кровообращения: большой и малый. (5) Большой круг кровообращения начинается в левом желудочке и заканчивается в правом предсердии. (6) Малый круг начинается в правом желудочке и заканчивается в левом предсердии. (7) Артерии большого круга кровообращения несут венозную кровь, а вены — артериальную.

► Ответ. 237.

5.7. ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Основные понятия и термины

- **Ткани внутренней среды организма:** кровь, лимфа, тканевая жидкость.
- **Эритроциты** — безъядерные клетки в форме двояковогнутого диска, переносят газы (O_2 , CO_2 , CO).

- ▶ **Лейкоциты** — часто не имеющие постоянной формы клетки с ядром, выполняющие защитную функцию (иммунитет).
- ▶ **Лимфоциты** — лейкоциты, способные уничтожать заражённые возбудителями заболеваний и опухолевые клетки организма, вырабатывать антитела и регулировать деятельность других клеток иммунной системы.
- ▶ **Фагоциты** — лейкоциты, поглощающие возбудителей различных заболеваний и чужеродные антигены путём фагоцитоза.
- ▶ **Тромбоциты** — безъядерные кровяные пластинки, выполняющие функцию свёртывания крови.
- ▶ **Свёртывание крови** — процесс образования в месте нарушения целостности сосуда сгустка крови (*тромб*), который предотвращает кровопотерю и попадание в организм инородных веществ и возбудителей заболеваний.
- ▶ **Тромб** — прижизненный сгусток крови, образовавшийся в результате свёртывания крови в сердечно-сосудистой системе.
- ▶ **Сыворотка** — плазма крови без фибриногена.
- ▶ **Иммунитет** — способность организма защищать собственную целостность и биологическую индивидуальность.
- ▶ **Органы иммунной системы:** тимус, красный костный мозг, селезёнка, лимфатические узлы.
- ▶ **Антиген** — молекула, способная вызвать выработку антител и иммунный ответ в целом.
- ▶ **Антитело** — белок, вырабатываемый лимфоцитами для связывания конкретного антигена и обезвреживания возбудителя заболевания.
- ▶ **Аллергия** — повышенная чувствительность организма к антигенам.
- ▶ **Трансплантация** — пересадка органа или ткани в пределах одного организма или от одного организма другому.
- ▶ **Реципиент** — человек, получающий орган, ткань или клетки другого организма с лечебной целью.
- ▶ **Донор** — человек, отдающий реципиенту орган, ткань или клетки с лечебной целью.

Объяснение и важные примеры

5.7.1. Внутренняя среда организма

Поддержание гомеостаза является одним из неотъемлемых свойств живого. Эта функция обеспечивается тканями внутренней среды.

5.7.2. Состав и функции крови

Кровь — это особый вид соединительной ткани. Объём крови в организме человека с массой тела около 70 кг достигает 5–5,5 л. Кровь состоит из двух основных компонентов — плазмы (55 % крови) и форменных элементов (45 %).

Плазма крови содержит неорганические (вода — более 90 %, минеральные соли — 0,9 %) и органические (белки — 7–8 %, липиды — 0,8 %, углеводы (глюкоза) — 0,12 %) вещества. Плазма переносит питательные вещества и конечные продукты обмена, выполняет регуляторную функцию, принимает участие в формировании иммунитета, а также в свёртывании крови. Концентрации солей в плазме крови соответствует концентрация *физиологического раствора* (0,9 % NaCl или 5 % глюкозы).

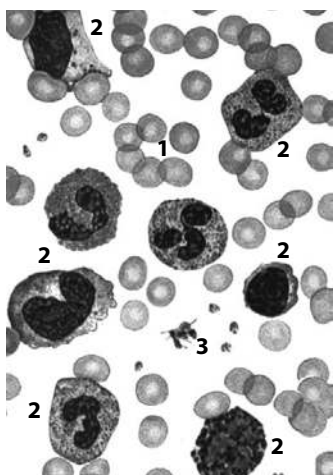
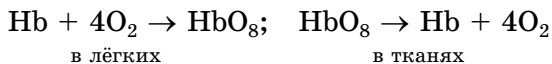


Рис. 181. Мазок крови человека:

- 1 — эритроциты;
- 2 — лейкоциты различной формы;
- 3 — тромбоциты

Форменные элементы крови. К форменным элементам крови относят эритроциты, лейкоциты и тромбоциты (рис. 180).

Эритроциты, или красные кровяные тельца, содержат гемоглобин (Hb) — сложный белок, который может обратимо связывать кислород и небольшое количество углекислого газа:



Эритроциты образуются в красном костном мозге, функционируют около 120 суток, при этом могут надолго задерживаться в капиллярах кожи, печени и селезёнке («депо» крови). В процессе развития эритроциты утрачивают ядро. Их количество составляет от 3,9 до 5,5 млн/мм³.

Разрушаются эритроциты в печени, селезёнке и костном мозге. Функцией эритроцитов является транспорт кислорода и, частично, углекислого газа.

Артериальная кровь, обогащённая кислородом, имеет более яркий, алый цвет, а *венозная*, обеднённая им, — более тёмного, красного цвета.

Лейкоциты, или белые кровяные тельца, образуются в красном костном мозге, а созревают в селезёнке и лимфатических узлах. Их количество достигает 4–9 тыс./мм³. Жизненный цикл лейкоцитов различен: одни живут несколько часов, а другие — на протяжении всей жизни человека. Разрушаются лейкоциты в местах воспаления, селезёнке, костном мозге и других органах иммунной системы. Их делят на *фагоциты* и *лимфоциты*. Скопление мёртвых микроорганизмов, живых и погибших фагоцитов образует желтоватую массу — *гной*.

Тромбоциты, или кровяные пластинки, образуются в красном костном мозге, функционируют в течение 8–11 суток. Разрушаются они в местах образования тромбов, печени и селезёнке. Количество тромбоцитов составляет 200–400 тыс./мм³.

Функции крови: транспортная (перенос O₂ и CO₂, питательных веществ, конечных продуктов обмена и т. д.), регуляторная (доставка гормонов, терморегуляция), защитная (иммунитет, свёртывание крови).

Свёртывание крови

Нарушение целостности сосудов сопровождается скоплением тромбоцитов около места повреждения и запуском каскада реакций свёртывания крови, в которых принимают участие белки тромбопластин и протромбин, витамин К и ионы кальция. В результате этих событий растворимый *фибриноген* превращается в нерастворимый *фибрин*, формирующий густую сеть, в которой задерживаются тромбоциты и другие клетки крови. Окончательное формирование *тромба* связано с его уплотнением.

Лимфа

Лимфа представляет собой желтоватую прозрачную вязкую жидкость. По своему составу она подобна крови, однако содержит намного больше белков, а форменные элементы представлены в основном лимфоцитами. Лимфа начинает образовываться в лимфатических капиллярах, куда поступает избыток *тканевой жидкости* (сама тканевая жидкость близка по составу плазме крови). Благодаря этому она возвращает в кровяное русло соли, белки и воду, а вследствие

всасывания в ворсинках тонкого кишечника — ещё и доставляет продукты расщепления жиров. В лимфатических узлах лимфа пополняется лимфоцитами, здесь же задерживаются возбудители различных заболеваний. Таким образом, она выполняет транспортную, дренажную и защитную функции.

5.7.3. Иммуитет

Иммуитет по различным критериям делят на неспецифический и специфический, клеточный и гуморальный, естественный и искусственный.

Наиболее древним видом иммуитета является *неспецифический (врождённый)*, который заключается в механическом и химическом воспрепятствовании проникновению возбудителей заболеваний в организм человека и их размножению, без учёта их принадлежности к конкретному биологическому виду. К механизмам этого вида иммуитета относятся плотность расположения клеток покровных эпителиев, кожное сало, лизоцим слёзной жидкости и слюны, а также фагоциты и противовирусные белки-интерфероны.

В основе реакций *специфического иммуитета* лежит распознавание проникших во внутреннюю среду организма чужеродных *антигенов*, в частности белков и полисахаридов вирусов, бактерий, грибов и т. д., а также выработка *антител* к ним, которые связывают и обезвреживают эти антигены, а также стимулируют процесс их поглощения *фагоцитами*. Взаимодействие антигена и антитела происходит по типу «рука — перчатка» или «ключ — замок». Антитела могут быть как растворены в плазме крови, так и прикреплены к мембранам лимфоцитов.

Клеточный иммуитет осуществляется фагоцитами и некоторыми лимфоцитами, способными запускать в чужеродных клетках механизмы клеточной смерти, а *гуморальный* — растворёнными в плазме крови антителами и интерфероном.

Естественный иммуитет вырабатывается организмом без искусственных вмешательств, тогда как *искусственный* возникает только после введения в организм специальных лекарственных форм.

Естественный иммуитет может быть врождённым и приобретённым. *Врождённый иммуитет* формируется благодаря проникновению антител через плаценту или при передаче их с молоком матери, тогда как *приобретённый* — только в результате перенесения различных заболеваний. Различают два вида искусственного иммуитета — активный и пассивный. *Активный иммуитет* возникает в результате введения ослабленных возбудителей заболеваний или

выделяемых ими веществ в виде *вакцин*, например, против дифтерии. *Пассивный* же иммунитет обусловлен внесением готовых антител к возбудителям — *сывороток*. Активный иммунитет более стойкий, чем пассивный, сохраняющийся 4–6 недель.

Ряд антигенов, например пыльца растений, домашняя пыль, кошачья шерсть, способен вызывать особую, ураганную форму иммунологического ответа — *аллергию*. Такие антигены называются *аллергенами*.

Иммунитет человека в основном обеспечивается *иммунной системой*.

Основы учения об иммунитете были разработаны И. Мечниковым (1845–1916) и П. Эрлихом (1854–1915), а о вакцинации — Л. Пастером (1822–1895), хотя первую вакцинацию от оспы произвёл Э. Дженнер (1749–1823) в 1796 году.

5.7.4. Трансплантация. Группы крови. Переливание крови.

Трансплантация

При некоторых неизлечимых заболеваниях и травмах требуется *трансплантация* тканей и органов. Однако если пересадка собственной ткани или части органа пациента, например участка кожи с неповреждённого участка на обожжённый при тяжёлых ожогах, проходит успешно, то трансплантация донорской ткани или органа может вызвать реакцию отторжения трансплантата. Дело в том, что и клетки каждого человека несут антигены, в том числе на плазматической мембране. Но в эмбриональном периоде и на первом году жизни иммунная система человека «учится» не реагировать на собственные, или *аутоантигены*. Поэтому для пересадки ткани или органа от другого человека необходимо тщательно подбирать донора по антигенному составу.

Иногда даже иммунная система даёт сбой и начинает атаковать антигены собственных тканей и органов, что приводит к развитию трудноизлечимых аутоиммунных заболеваний, например инсулин-зависимый сахарный диабет, болезнь Аддисона, псориаз и др.

Группы крови

Плазматические мембраны эритроцитов несут антигены — *агглютиногены*, а в плазме крови содержатся антитела к ним — *агглютинины*. Отсутствие в крови человека агглютининов к определённым агглютиногенам даёт возможность избежать *агглютинации* (склеивания эритроцитов). По семействам агглютининов выделяют системы крови АВ0 и резус.

Система АВ0 представлена четырьмя группами крови, обозначаемыми римскими цифрами и буквами латинского алфавита: I (0), II (A), III (B), IV (AB) (табл. 10). Агглютиногены обозначаются большими латинскими буквами А и В, а агглютинины — греческими буквами α и β . В крови человека с агглютиногеном А нет агглютинина α , с В — β .

Таблица 10

Группы крови по системе АВ0

Группа крови	Агглютиногены	Агглютинины
I (0)	—	α и β
II (A)	A	β
III (B)	B	α
IV (AB)	A и B	—

В системе *резус* лица с антигеном D на поверхности эритроцитов называются *резус-положительными* (Rh^+), а не имеющие его — *резус-отрицательными* (Rh^-). При переливании крови резус-положительных лиц резус-отрицательным также происходит агглютинация. Резус-фактор имеет важное значение для протекания беременности: если мать резус-отрицательна, а плод — резус-положителен, то может возникнуть *резус-конфликт*.

Переливание крови

При переливании учитываются особенности групп крови. Лиц с I группой крови называют *универсальными донорами*, так как их кровь можно переливать лицам с любой группой крови. Людям со

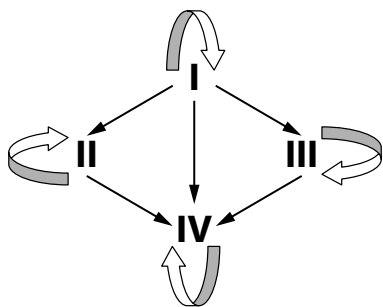


Рис. 182. Схема совместимости групп крови при переливании

II группой крови можно переливать кровь лиц с I и II группами крови, а лицам с III — кровь I и III групп. Лиц с IV группой крови называют универсальными реципиентами, так как им можно переливать кровь любой группы. Однако в настоящее время переливают только плазму, сыворотку или массу форменных элементов, соответствующую группе крови реципиента.

Это интересно!

Наиболее быстро движется кровь в аорте — 0,5 м/с, в капиллярах — наиболее медленно — 0,5 мм/с. В крупных венах — 0,25 м/с.

В организме человека каждый час заменяется более 7 миллиардов клеток крови.

Вес костного мозга составляет около 2,5 кг, но за 70 лет жизни человека он вырабатывает приблизительно 1000 кг лейкоцитов и 650 кг эритроцитов.

Международное общество трансфузиологов признаёт более 20 систем групп крови.

Недостаток витамина D может повышать частоту простудных заболеваний.

У курильщиков значительно ухудшено производство антител.

Типовые задания

Какой иммунитет возникает после перенесения ребёнком инфекционного заболевания корь?

- 1) естественный врождённый
- 2) естественный приобретённый
- 3) искусственный активный
- 4) искусственный пассивный

► Ответ. 2.



Установите соответствие между особенностями строения и функций и форменными элементами крови, для которых они характерны: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ
И ФУНКЦИЙ**

**ФОРМЕННЫЕ
ЭЛЕМЕНТЫ**

- А) является хранителем иммунной памяти
- Б) может осуществлять фагоцитоз
- В) содержит ядро, часто сложной формы
- Г) в 1 мл крови содержится около 4,9–5,5 млрд
- Д) имеет форму двояковогнутого диска
- Е) цитоплазма обогащена молекулами хромопroteина

- 1) лейкоцит
- 2) эритроцит

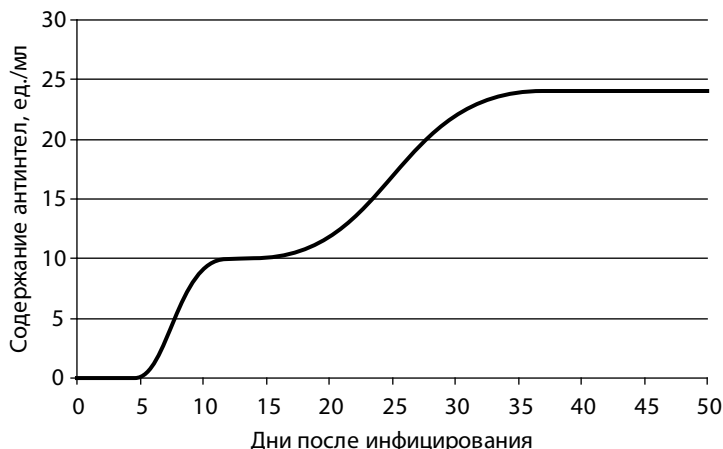
Запишите выбранные **цифры** под соответствующими буквами.

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д	Е
1	1	1	2	2	2

ЕГЭ

Проанализируйте график изменения количества антител к ВИЧ.



Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа представленных данных.

Количество антител к ВИЧ в крови

- 1) прямо пропорционально количеству вирусов в крови
 - 2) зависит от генетической предрасположенности организма
 - 3) изменяется с возрастом инфицированного
 - 4) начинает возрастать после латентного периода
 - 5) не позволяет выявить инфекцию на ранних стадиях
- Запишите в ответе **цифры**, под которыми указаны выбранные утверждения.

► Ответ. 45.

5.8. ОРГАНЫ ВЫДЕЛЕНИЯ

Основные понятия и термины

- **Выделение** — совокупность процессов, обеспечивающих гомеостаз организма путём удаления конечных продуктов метаболизма, избытка воды и других веществ.
- **Нефрон** — структурно-функциональная единица почек, обеспечивающая механизм мочеобразования и выведения.
- **Клубочковая фильтрация** — фильтрация из крови в полость капсулы воды и растворённых в ней низкомолекулярных веществ (минеральных солей, глюкозы, аминокислот, мочевины и др.).

► **Канальцевая реабсорбция** — обратное всасывание воды и части растворённых в ней веществ (глюкозы, аминокислот, многих ионов) из первичной мочи в кровь.

Объяснение и важные примеры

В организме человека выделение осуществляется с помощью пищеварительной, дыхательной систем, потовых и сальных желёз кожи, однако ведущую роль играет выделительная система.

Строение выделительной системы. В состав выделительной системы входят почки, мочеточники, мочевого пузыря и мочеиспускательный канал (рис. 182). *Почки* — парные бобовидные органы, лежащие в поясничной области брюшной полости со спинной стороны. На внутренней вогнутой поверхности почки расположены *ворота*, через которые входят артерии и нервы и выходят вены, лимфатические сосуды и мочеточник (рис. 183).

Основными функциями почек являются выведение конечных продуктов обмена веществ в процессе мочеобразования, поддержание водно-солевого баланса, регуляция давления крови. На поперечном срезе почки выделяют корковое и мозговое вещества, почечные чашечки и почечную лоханку. Мозговое вещество образует почечные пирамидки. В каждой почке расположено до 1 млн нефронов. *Нефрон* состоит из капсулы Шумлянско-го — Боумана, охватывающей клубочек капилляров, и канальцев, соединённых петлёй Генле (рис. 184).

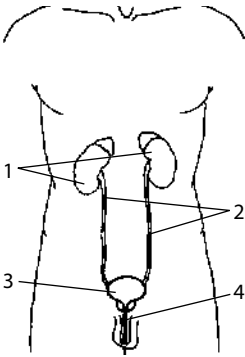


Рис. 183. Выделительная система человека:

- 1 — почки;
- 2 — мочеточники;
- 3 — мочевой пузырь;
- 4 — мочеиспускательный канал

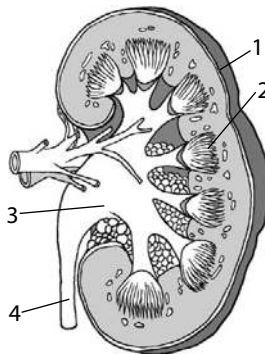


Рис. 184. Строение почки:

- 1 — корковое вещество;
- 2 — мозговое вещество;
- 3 — почечная лоханка;
- 4 — мочеточник

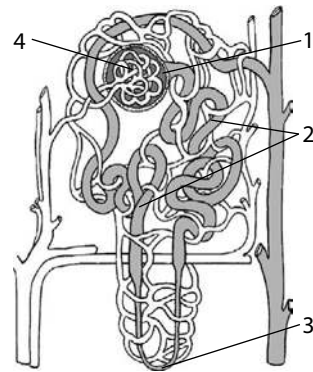


Рис. 185. Строение нефрона:

- 1 — капсула Шумлянско-го — Боумана;
- 2 — канальцы;
- 3 — петля Генле;
- 4 — капилляры

Капсулы нефронов и часть канальцев расположены в корковом веществе, а петля Генле и остальные канальцы переходят в мозговое. Нефрон обильно снабжается кровью: приносящая артериола образует *клубочек* капилляров в капсуле, они собираются в выносящую артериолу, вновь распадающуюся на сеть капилляров, оплетающих канальцы и только затем собирающихся в венулу.

Мочеобразование. Процесс образования мочи состоит из двух этапов: *клубочковой фильтрации* и *канальцевой реабсорбции*. В процессе фильтрации из крови в полость капсулы благодаря разности давлений просачиваются вода и большинство растворённых в ней низкомолекулярных веществ. Результат фильтрации — слабоконцентрированная *первичная моча* (150–180 л в сутки). По составу она напоминает плазму крови.

Сразу же после фильтрации начинается процесс реабсорбции, в результате которого образуется 1–1,5 л вторичной мочи в сутки, в которой в норме не должно быть ни глюкозы, ни аминокислот, ни тем более белков. В основном она содержит продукты распада азотистых соединений — мочевины и аммиака, токсичные для организма. По канальцам нефронов моча поступает в собирательные трубочки, а оттуда — в почечные чашечки и почечную лоханку. Из почечной лоханки моча по мочеточникам собирается в *мочевой пузырь* — полый мышечный орган, вмещающий до 0,5 л жидкости. Из мочевого пузыря моча периодически удаляется по *мочеиспускательному каналу*.

Регуляция мочевыделения и мочеиспускания. Мочеиспускание является рефлекторным актом. Центр мочеиспускания находится в крестцовом отделе спинного мозга. Безусловными раздражителями выступают растяжение стенок мочевого пузыря и скорость его наполнения.

Существуют нервная и гуморальная регуляции мочеобразования. Симпатический отдел вегетативной нервной системы подавляет его, а парасимпатический, наоборот, усиливает. Гуморальная регуляция: антидиуретический гормон (вазопрессин) гипофиза и альдостерон коры надпочечников усиливают реабсорбцию.

Заболевания выделительной системы. При нарушении правил личной гигиены существует серьёзный риск различных воспалительных заболеваний. Их также могут провоцировать заболевания других органов и применение антибиотиков. Наиболее распространёнными заболеваниями выделительной системы являются уретрит (воспаление мочеиспускательного канала), цистит (воспаление мочевого пузыря) и некоторые формы нефрита, мочекаменная болезнь и рак.

Это интересно!

В сутки кровь проходит через почки около 300 раз.

При нарушениях выделительной функции почек через слизистую оболочку бронхов и лёгкие увеличивается выделение мочевины.

Типовые задания

Структурно-функциональной единицей почки является

- 1) остеон
- 2) нейрон
- 3) аксон
- 4) нефрон

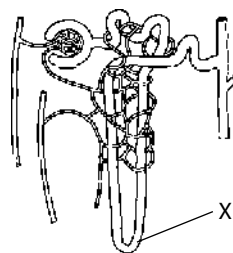
► Ответ. 4.



Рассмотрите рисунок строения нефрона. Что на нём обозначено буквой X?

- 1) капсула Шумлянского — Боумена
- 2) извитой каналец
- 3) петля Генле
- 4) собирательная трубочка

► Ответ. 3.



Все перечисленные ниже процессы, кроме двух, можно использовать для описания процесса мочеобразования. Определите два признака, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) клубочковая фильтрация
- 2) канальцевая реабсорбция
- 3) обезвреживание ядовитых веществ
- 4) обеззараживание пищи
- 5) образование первичной мочи

► Ответ. 34.

5.9. ПОКРОВНАЯ СИСТЕМА

Основные понятия и термины

- ▮ **Кожа** — внешний покров тела человека.
- ▮ **Слои кожи:** эпидермис, дерма, или собственно кожа.
- ▮ **Меланин** — пигмент кожи, волос и радужной оболочки глаза.
- ▮ **Терморегуляция** — способность организмов поддерживать температуру тела в определённых пределах.

Объяснение и важные примеры

Строение кожи. Площадь кожи составляет в среднем $1,5\text{--}2\text{ м}^2$, а её толщина — $0,5\text{--}5\text{ мм}$ (рис. 185).

Эпидермис — многослойный плоский эпителий, в наружном слое которого происходит ороговение клеток. Эти мёртвые клетки постоянно слущиваются и заменяются новыми благодаря делению клеток самого глубокого слоя эпидермиса. Там же под действием ультрафиолетового излучения синтезируются *витамин D* и пигмент *меланин*, придающий коже смуглый оттенок, называемый *загаром*. Меланин защищает организм от губительного действия ультрафиолетовых лучей.

Производными эпидермиса являются волосы, ногти и кожные железы. В *волосе* различают погружённый в кожу *корень* и находящийся над её поверхностью *стержень*. Нижняя часть корня называется *волосяной луковицей*. Деление её клеток обеспечивает рост волоса. Каждый волос лежит в *волосяной сумке*, в которую открывается проток *сальной железы*. Положение волоса в пространстве определяется мышцей, прикреплённой к волосяной сумке. Эта мышца поднимает волос при снижении температуры окружающей среды или от испуга, при этом поверхность кожи становится бугристой («гусиная кожа»).

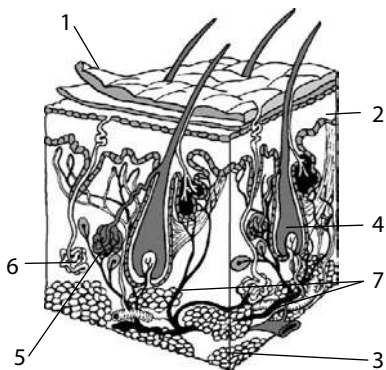


Рис. 186. Строение кожи:

- 1 — эпидермис;
- 2 — дерма;
- 3 — подкожная жировая клетчатка;
- 4 — волос;
- 5 — сальная железа;
- 6 — потовая железа;
- 7 — нервные окончания

Ноготь представляет собой роговую пластинку, лежащую на *ногтевом ложе*, ограниченном с трёх сторон ногтевыми валиками. Рост ногтя

обеспечивается делением клеток на участке эпителия, на котором лежит корень ногтя.

Эластичная *дерма* образована рыхлой волокнистой и плотной неоформленной соединительными тканями. В ней располагаются кровеносные и лимфатические сосуды, осязательные рецепторы, корни волос, а также потовые и сальные железы.

Потовые железы выделяют *пот* — раствор солей, мочевины и других веществ. Эти железы играют важную роль в процессах терморегуляции и выделения.

Сальные железы вырабатывают кожное *сало*, придающее коже эластичность, водоотталкивающие и бактерицидные свойства.

Кровеносные сосуды кожи образуют в дерме густую сеть. Они могут задерживать до 1 л крови. При высокой температуре воздуха диаметр сосудов увеличивается и кожа отдаёт тепло. А при низкой — их диаметр уменьшается и кожа уменьшает теплоотдачу.

Дерму подстилает соединительнотканная *подкожная жировая клетчатка*, которая выполняет защитную и запасающую функции.

Функции кожи. Кожа выполняет защитную функцию, создавая барьер на пути возбудителей различных заболеваний и предохраняя внутренние органы от механических повреждений, сотрясения и обезвоживания. Она принимает активное участие в процессах обмена веществ, терморегуляции, дыхании и выделении, является «депо» крови. Благодаря расположенным в коже рецепторам организм своевременно получает информацию об изменении условий окружающей среды, что позволяет избегать различных травм.

Уход за кожей, волосами и ногтями. Гигиена одежды и обуви. Для профилактики появления неприятного запаха и заболеваний кожи следует ежедневно умываться водой комнатной температуры, мыть потеющие места и ноги, менять носки и чулки, регулярно мыть голову, подстригать волосы и ногти, соблюдать чистоту ногтей, избегать пользования чужими предметами одежды и гигиены, контактов с больными людьми, в общественных местах носить закрытую обувь, следить за гормональным балансом в организме, правильно питаться, особое внимание уделяя витаминам, а также избегать вредных привычек.

Одежда и обувь должны быть лёгкими и удобными, предпочтительнее следует отдавать изделиям из натуральных материалов.

Заболевания и травмы кожи. Заболевания кожи могут быть вызваны грибами (микозы ногтей и стоп, стригущий лишай), бактериями (простой лишай, фурункулёз), членистоногими (чесотка),

наследственными и внешними факторами (дерматиты, крапивница и др.).

Наиболее распространённые повреждения кожи — это *ожоги* и *обморожения*.

Ожог — повреждение тканей организма, вызванное действием высокой температуры, кислот, щелочей, солей тяжёлых металлов. Различают четыре степени ожогов: покраснение кожи (I), появление пузырей (II), омертвление всей толщи кожи (III) и обугливание тканей (IV). Особой формой ожогов являются лучевые поражения: солнечные, рентгеновские и др.

В случае *термического ожога* поражённое место обеззараживают и накладывают повязку, при этом необходимо напоить пострадавшего чаем или минеральной водой. При *химическом ожоге* предварительно смывают ядовитую жидкость струёй холодной воды и ополаскивают поражённую поверхность в случае поражения кислотой 2 %-м раствором соды, в случае поражения щёлочью — 1 %-м раствором уксусной или лимонной кислоты. При *солнечном ожоге* прежде всего следует отвести пострадавшего в тень и приложить к обожжённому месту ткань, смоченную водой.

При *обморожении* приёмы оказания первой медицинской помощи определяются его степенью, возрастом пострадавшего, наличием общего охлаждения организма и сопутствующих заболеваний. Первая помощь состоит в прекращении охлаждения, согревании конечностей, восстановлении кровообращения в поражённых холодом тканях и предупреждении развития инфекции. Нельзя использовать быстрое отогревание.

Ранами являются открытые повреждения мягких тканей. Помимо нарушения целостности и функционирования отдельных органов существует опасность проникновения в раны болезнетворных организмов. Первая помощь заключается в очистке раны с помощью перекиси водорода или чистой водой, смазывании её краёв антисептическим средством, сближении краёв раны и наложении на рану чистой мягкой ткани, которую необходимо закрепить.

Терморегуляция. Человек, как и все млекопитающие и птицы, способен поддерживать постоянную температуру тела. В подмышечной впадине у человека она равна 36,5–36,9 °С. Она поддерживается за счёт баланса теплообразования и теплоотдачи.

Центр терморегуляции находится в гипоталамусе промежуточного мозга. Механизмы терморегуляции включают изменение теплообразования и теплоотдачи за счёт изменения интенсивности метаболизма в печени, мышечного сокращения (в том числе мелких мышц

кожи — дрожь), потоотделения, изменения просветов капилляров кожи и т. д.

Длительное нахождение в условиях значительно пониженной или повышенной температуры окружающей среды может вызвать переохлаждения или перегрев.

При *переохлаждении*, или *гипотермии*, температура тела может снизиться до менее 35 °С. При гипотермии сначала наблюдается мышечная дрожь, а затем снижается частота дыхания и сердцебиения, понижается артериальное давление. При оказании пострадавшему первой медицинской помощи следует согреть его растиранием и укутыванием, дать тёплое питье.

При *перегреве*, или *гипертермии*, температуры тела человека повышается до 38–39 °С, наблюдаются головная боль, головокружение, общая слабость, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное выделение пота, повышаются частота сердечных сокращений и дыхательных движений. Симптомами гипертермии являются бледность, синюшность, расширение зрачков, судороги и потеря сознания. Чаще всего это происходит при тепловом и солнечном ударах. Пострадавшего от перегрева переносят в прохладное помещение или в тень, понижают температуру тела, приложив холодный компресс, дают прохладное подсоленное питье и создают покой до контакта с врачом, можно также дать понюхать нашатырный спирт.

Это интересно!

Пот ничем не пахнет. Запах испускают бактерии, живущие на коже. В течение жизни происходит почти 1000 смен кожи (новые клетки кожи появляются в течение 27 дней). К 70 годам люди «сбрасывают» примерно 48 килограммов кожи.

Типовые задания



Сосуды кожи при повышении температуры окружающей среды

- 1) сужаются, кожа краснеет, крови к коже притекает меньше
- 2) расширяются, кожа бледнеет, крови к коже притекает больше
- 3) сужаются, кожа бледнеет, крови к коже притекает меньше
- 4) расширяются, кожа краснеет, крови к коже притекает больше

► Ответ. 4.

ОГЭ

Наибольшую опасность для пациента с повреждением кожи представляет

- 1) болевой шок
- 2) чрезмерное сокращение мышц на повреждённом участке
- 3) инфицирование повреждённого участка
- 4) попадание повреждённой кожи в кровоток

► Ответ. 3.

ЕГЭ

Все приведённые ниже термины, кроме двух, используются для описания функций покровной системы человека. Определите две функции, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) защитная
- 2) дыхательная
- 3) опорная
- 4) двигательная
- 5) терморегуляторная

► Ответ. 34.

5.10. РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

Основные понятия и термины

- **Половая система** — система органов, обеспечивающая процесс размножения.
- **Яички** (семенники) — парные мужские половые железы, вырабатывающие сперматозоиды и мужские половые гормоны — андрогены, в основном тестостерон.
- **Яичники** — парные женские половые железы, вырабатывающие яйцеклетки и гормоны, в основном эстрадиол и прогестерон.
- **Матка** — полый мышечный орган, обеспечивающий развитие плода и рождение ребёнка.

Объяснение и важные примеры

Половая система предназначена для полового размножения человека, но не является жизненно необходимой для выживания отдельной особи. Половая система контролирует развитие

структурно-функциональных различий между мужчинами и женщинами, что, в конечном итоге, влияет на их поведение.

Мужская половая система представлена наружными и внутренними половыми органами (рис. 186). К *наружным мужским половым органам* относятся *половой член*, или *пенис*, и *мошонка*, покрытые кожей.

Половой член имеет головку, тело и корень. Складка кожи на головке полового члена называется крайней плотью. На вершине полового члена открывается мочеиспускательный канал, совмещённый с семявыносящим протоком. *Внутренними мужскими половыми органами* являются *яички*, *семявыносящие пути* и *железы*. *Яички* расположены в мошонке. Они являются железами смешанной секреции, так как в процессе сперматогенеза вырабатывают во внешнюю среду сперматозоиды, а во внутреннюю — мужские половые гормоны — андрогены, в частности тестостерон. Для оплодотворения сперматозоиды должны сначала созреть в *придатках яичек*, а затем пройти по семявыносящим путям, которые имеют несколько желёз (семенные пузырьки и *предстательную*, или *простату*), выделяющих семенную жидкость, которая вместе со сперматозоидами образует *сперму*.

Сперматозоиды вырабатываются у мужчин постоянно. Непроизвольное семяизвержение, происходящее в основном во время сна, называется *поллюцией*.

Женская половая система также состоит из наружных и внутренних половых органов (рис. 187). *Наружными женскими половыми органами* являются *большие и малые половые губы*, *клитор* и *преддверие*. Половые губы являются складками кожи, закрывающими вход во влагалище.

Внутренние женские половые органы подразделяются на *яичники*, *маточные трубы*, *матку* и *влагалище*. *Яичники* расположены

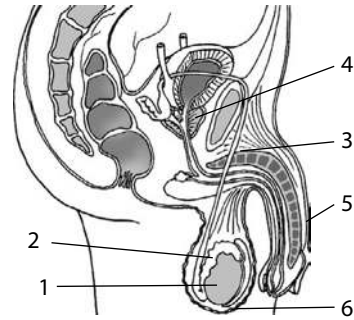


Рис. 187. Строение мужской половой системы:

- 1 — яичко;
- 2 — придаток яичка;
- 3 — семявыносящие пути;
- 4 — простата;
- 5 — половой член;
- 6 — мошонка

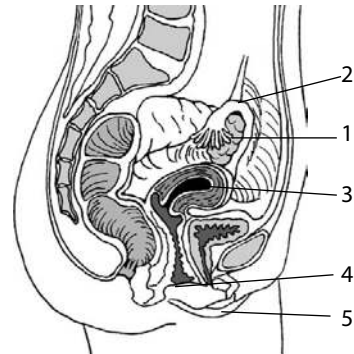


Рис. 188. Строение женской половой системы:

- 1 — яичник;
- 2 — маточная труба;
- 3 — матка;
- 4 — влагалище;
- 5 — половые губы

в брюшной полости. Они относятся к железам смешанной секреции, вырабатывая наружу яйцеклетки в процессе овогенеза, а внутрь — гормоны *эстрогены*, в особенности *эстрадиол*, и *прогестерон*, регулирующие процесс оогенеза и протекание беременности. Каждая яйцеклетка созревает в отдельном участке яичника — *фолликуле*. Её выход из яичника называется *овуляцией*. Яйцеклетка захватывается бахромкой маточных труб и пассивно опускается в матку, открывающуюся наружу влагалищем.

Если оплодотворения не произошло и зародыш не прикрепился к стенке матки, то разбухший слой эпителия матки отторгается и выходит вместе с яйцеклеткой и небольшим количеством крови. Этот процесс происходит с периодичностью 28–29 суток и называется *менструацией*.

Оплодотворение и внутриутробное развитие человека. Оплодотворение у человека происходит в маточных трубах, после чего дробящаяся *зигота* постепенно опускается в матку, где происходит прикрепление зародыша к её стенке с разбухшим эпителием — *имплантация*.

Часть клеток зародыша формирует его оболочки, плаценту и пупочный канатик (пуповину). Через *плаценту* и *пуповину* эмбрион получает от матери кислород и питательные вещества и выводит углекислый газ, а также ряд продуктов обмена веществ. Начиная с девятой недели развития, когда зародыш человека имеет в основном сформированные ткани и органы, он называется *плодом*. *Плодный период* характеризуется быстрым ростом и развитием организма. К моменту родов масса плода составляет около 3 кг, а длина — около 50 см.

Период вынашивания ребёнка в матке называется *беременностью*. Её продолжительность у человека составляет около 280 суток. Беременной женщине не следует переутомляться, заниматься спортом, переедать, употреблять острую пищу и алкоголь, принимать лекарства без назначения врача, курить. Вместе с тем ей не противопоказаны лёгкий физический труд и прогулки на свежем воздухе.

Постэмбриональное развитие человека делят на периоды (табл. 11).

В течение первых лет жизни и в подростковом возрасте, во время полового созревания, быстро растут и развиваются опорно-двигательная, пищеварительная и дыхательная системы, мочеполовой аппарат, изменяются пропорции тела (рис. 188).

Таблица 11

Периодизация постэмбрионального развития человека

Название периода	Возрастные границы лиц	
	женского пола	мужского пола
Новорождённость	1–10 дней	
Грудной возраст	до 1 года	
Раннее детство	1–3 года	
Первое детство	4–7 лет	
Второе детство	8–12 лет	8–11 лет
Подростковый возраст	13–16 лет	12–15 лет
Юношеский возраст (юность)	17–21 год	16–20 лет
Зрелый возраст: 1-й период	22–35 лет	21–35 лет
2-й период	36–60 лет	36–55 лет
Пожилой возраст	61–74 года	
Старческий возраст	75–89 лет	
Долгожительство	90 лет и старше	

Наиболее важные психофизиологические изменения, связанные с развитием речи, мышления и двигательной активности, в онтогенезе человека происходят в возрасте 1–4 лет, а также в подростковый период.

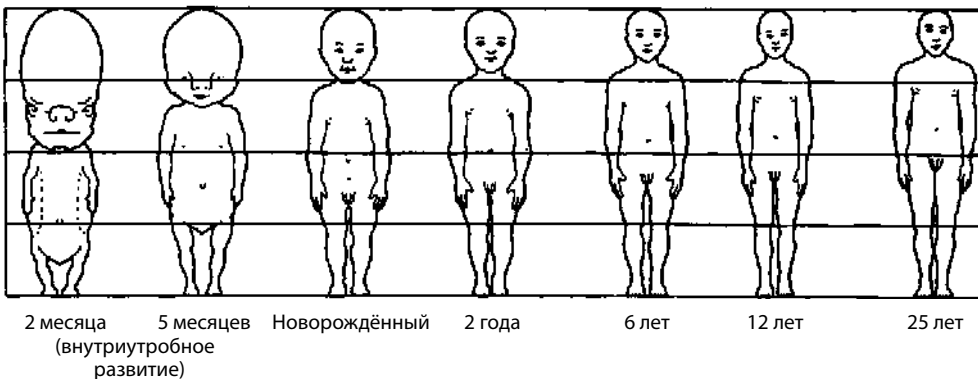


Рис. 189. Изменение пропорций тела человека с возрастом

В период полового созревания у подростков формируются вторичные половые признаки: у мальчиков плечи становятся шире таза, появляется кадык, голос «ломается» и становится ниже, начинаются поллюции; у девочек, наоборот, таз становится шире плеч, увеличиваются молочные железы, начинаются, а затем становятся регулярными менструации.

Заболевания, передающиеся половым путём, наследственные и врождённые заболевания. Нарушение функционирования органов половой системы человека может быть вызвано наследственными или приобретёнными заболеваниями, неправильным функционированием желёз, связанных с секрецией половых гормонов, половыми инфекциями и другими причинами. Половым путём передаются такие заболевания, как СПИД, гепатиты В и С, сифилис.

Наследственные заболевания в большинстве случаев передаются от родителей, если они больны или являются носителями аллелей каких-либо генных болезней (фенилкетонурия, гемофилия, дальтонизм и др.), а также при нарушениях процессов клеточного деления при гаметогенезе, результатом которых являются хромосомные и геномные нарушения (синдром Дауна и др.).

Наследственные заболевания были описаны в разделе «Закономерности изменчивости» (см. с. 125).

Изменение внешних условий может ускорить или затормозить развитие эмбриона и даже вызвать возникновение различных нарушений. Эти факторы среды делят на физические, химические и биологические.

К *физическим факторам* относится прежде всего ионизирующая радиация, провоцирующая многочисленные пороки развития плода, которые могут быть несовместимыми с жизнью. *Химическими факторами* являются тяжёлые металлы, ряд лекарственных препаратов, алкоголь, наркотики и никотин. В качестве *биологических факторов* рассматривают многие вирусы, бактерии, грибы и простейших животных. Например, вирус краснухи может вызвать умственную отсталость, глухоту и порок сердца у ребёнка, а возбудитель сифилиса — врождённый сифилис.

Это интересно!

Самая большая клетка в человеческом организме — яйцеклетка (приблизительно один миллиметр в диаметре), а самая маленькая — сперматозоид.

Почти все дети рождаются с голубыми глазами. Меланин в глазах новорождённых появляется через определённое время и придаёт глазам «нужный» цвет.

Типовые задания

Какой половой гормон преобладает у взрослых мужчин?

- 1) тестостерон
- 2) окситоцин
- 3) прогестерон
- 4) вазопрессин

► Ответ. 1.



Установите последовательность периодов постэмбрионального развития человека (не все периоды указаны). Запишите соответствующую последовательность **цифр**.

- 1) грудной период
- 2) юность
- 3) долгожительство
- 4) новорождённость
- 5) зрелость

► Ответ. 41253.



Вставьте в текст пропущенные термины из предложенного перечня, используя для этого цифровые обозначения. Запишите в текст цифры выбранных ответов, а затем получившуюся последовательность цифр (по тексту) запишите в таблицу.

Особенности эмбриогенеза человека

Оплодотворение у человека происходит в _____ (А), после чего дробящаяся зигота постепенно опускается в _____ (Б), где происходит имплантация зародыша в её стенку. Через формирующуюся в месте контакта _____ (В) эмбрион получает от матери кислород и питательные вещества и выводит углекислый газ, а также ряд продуктов обмена веществ.

Перечень терминов (именительный падеж):

- 1) яйцеклетка
- 2) маточные трубы
- 3) матка
- 4) сперматозоид
- 5) плацента
- 6) беременность
- 7) плод

► Ответ.

А	Б	В
2	3	5

5.11. ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА

Основные понятия и термины

- ▶ **Гуморальная регуляция** — механизм регуляции процессов жизнедеятельности с помощью гормонов; осуществляется эндокринной системой.
- ▶ **Гормоны** — биологически активные вещества, вырабатываемые железами внутренней и смешанной секреции и оказывающие специфическое действие на клетки и органы-мишени.
- ▶ **Железы внутренней секреции (эндокринные)** — железы, секретирующие гормоны во внутреннюю среду организма; не имеют выводных протоков.
- ▶ **Железы внешней секреции (экзокринные)** — железы, выводящие свои продукты на поверхность или в полости тела через протоки.
- ▶ **Железы смешанной секреции** — железы, выводящие свои продукты и во внутреннюю среду организма, и наружу или в полости тела.
- ▶ **Эндокринология** — наука о строении и функциях желёз эндокринной системы, гормональной регуляции жизнедеятельности организма и их нарушениях.

Объяснение и важные примеры

Гуморальная регуляция процессов жизнедеятельности организма человека осуществляется *эндокринной системой* (рис. 189). Её образуют *железы внутренней секреции* (гипофиз, эпифиз, щитовидная железа, паращитовидные железы, надпочечники) и эндокринные участки *желёз смешанной секреции* (поджелудочной и половых желёз), вырабатывающие гормоны. Молекулы гормонов постоянно синтезируются и разрушаются. Гормоны регулируют жизнедеятельность в крайне малых концентрациях. Выработка железой избыточного количества гормона называется её *гиперфункцией*, а недостаточного — *гипофункцией*.

Высшим центром нейрогуморальной регуляции в организме человека является *гипоталамус*. В нём синтезируются вещества (рилизинг-факторы), влияющие на выработку гормонов гипофиза, а также два собственных гормона — *вазопрессин* (антидиуретический гормон) и *окситоцин*, которые сначала попадают по аксонам в гипофиз, а затем высвобождаются в кровь. Вазопрессин усиливает

реабсорбцию воды в процессе мочеобразования и тем самым уменьшает количество вырабатываемой мочи. Снижение концентрации этого гормона приводит к быстрой потере воды и даже обезвоживанию — эта болезнь называется *несахарным диабетом*. Окситоцин стимулирует родовую деятельность, вызывая изгнание плода из матки.

Гипофиз — небольшая железа, которая расположена у основания головного мозга и вырабатывает ряд собственных гормонов, а также высвобождает вазопрессин и окситоцин, продуцируемые гипоталамусом. Гормоны гипофиза могут стимулировать деятельность других желёз внутренней секреции. К ним относятся *адренокортикотропный гормон (АКТГ)*, *гонадотропные гормоны — лютеинизирующий (ЛГ) и фолликулостимулирующий (ФСГ)*, *лактотропный гормон*, или *пролактин (ЛТГ)*, *меланоцитстимулирующий (МСГ)*, *соматотропный (СТГ) и тиреотропный гормоны (ТТГ)*.

АКТГ регулирует деятельность надпочечников и стимулирует выделение адреналина.

Гонадотропные гормоны способствуют формированию половых желёз и их нормальному функционированию.

ЛТГ вызывает увеличение молочных желёз и выделение молока у матери после рождения ребёнка.

МСГ усиливает пигментацию кожи человека.

СТГ стимулирует рост организма. Недостаток СТГ приводит к *карликовости*, при этом пропорции тела и умственное развитие остаются нормальными. Избыток СТГ у детей и подростков вызывает *гигантизм*, а если концентрация гормона повышается у взрослого человека, то возникает *акромегалия* — увеличение размеров отдельных выступающих органов.

ТТГ контролирует деятельность щитовидной железы.

Эпифиз (шишковидное тело) входит в состав промежуточного мозга. Он продуцирует гормон мелатонин и участвует в регуляции биологических ритмов организма.

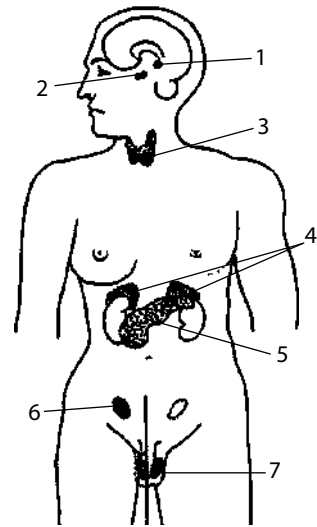


Рис. 190. Эндокринная система человека:

- 1 — эпифиз;
- 2 — гипофиз;
- 3 — щитовидная железа;
- 4 — надпочечники;
- 5 — поджелудочная железа;
- 6 — яичник;
- 7 — семенник

Щитовидная железа, расположенная на шее впереди гортани, выделяет тиреоидные гормоны *тироксин* и *трийодтиронин*, а также *кальцитонин*. *Тиреоидные гормоны* содержат йод. Они регулируют обмен веществ в организме, способствуя нормальным процессам роста, развития и дифференцировки тканей. *Кальцитонин* снижает уровень кальция в крови за счёт его отложения в костях. Гиперфункция щитовидной железы приводит к повышению интенсивности обмена веществ, возбудимости нервной системы, бессоннице и разрастанию тканей самой железы — *зобу*. Больные отличаются худобой, у них могут быть повышенная температура тела, усиленное сердцебиение и глаза навыкате. Комплекс этих симптомов получил название *базедовой болезни*. Гипофункция щитовидной железы, наоборот, вызывает замедление обмена веществ, вялость, сонливость и отёчность лица и конечностей. Это заболевание называется *микседемой*. Недостаток тиреоидных гормонов в детстве и юности приводит к *карликовости* и *кретинизму*.

Паращитовидные железы расположены на поверхности щитовидной железы и выделяют *паратгормон*, который является антагонистом кальцитонина, так как способствует повышению уровня кальция в крови.

Надпочечники — парные эндокринные органы, лежащие над верхними краями почек. В надпочечниках выделяют корковое и мозговое вещество. В корковом слое образуются гормоны-*кортикостероиды*, а в мозговом — *адреналин* и *норадреналин*. Кортикостероиды регулируют обмен органических и неорганических веществ в организме человека, подавляют иммунитет, а также приспособительные реакции организма к неблагоприятным условиям. Их недостаток приводит к *Аддисоновой (бронзовой) болезни*, симптомами которой являются усиленная пигментация кожи, слабость, головокружение, артериальная гипотензия, неопределённые боли в области кишечника и поносы. *Адреналин* выделяется надпочечниками в ответ на действие сильных раздражителей и усиливает работу сердца, сужает кровеносные сосуды, тормозит пищеварение, повышает потребление кислорода, увеличивает концентрацию глюкозы в крови, кровоток в печени и др. Выброс адреналина в кровь является неотъемлемым компонентом стрессовых реакций.

Поджелудочная железа, помимо пищеварительных ферментов, выделяет в кровоток гормоны *инсулин* и *глюкагон*, регулирующие углеводный обмен. *Инсулин* снижает концентрацию глюкозы в крови, способствуя её связыванию в печени и других органах, а *глюкагон*, наоборот, повышает концентрацию глюкозы в крови вследствие

расщепления гликогена в печени. Недостаток инсулина, приводящий к повышению концентрации глюкозы в крови, вызывает развитие *сахарного диабета*. Для больных сахарным диабетом характерны постоянное ощущение сухости во рту и жажда, сниженный иммунитет, поражения внутренних органов. В настоящее время больные сахарным диабетом, вызванным гипофункцией поджелудочной железы, для нормализации углеводного обмена делают инъекции инсулина.

Половые железы вырабатывают одновременно половые продукты и половые гормоны (женские — *эстрогены*, мужские — *андрогены*), оказывая значительное влияние на процессы роста, развития и полового созревания, а также регулируя формирование вторичных половых признаков.

5.11.1. Взаимосвязь нервной и гуморальной регуляции

Нервная и эндокринная системы представляют собой неразрывное единство, обусловленное многочисленными прямыми и обратными связями. Получение сигналов от различных рецепторов является прерогативой нервной системы, которая включается в работу первой. Её импульсы мгновенно и точно воздействуют на органы, изменяя их активность. Однако контроль со стороны нервной системы является недолговременным, она действует точечно, тогда как для «закрепления» эффекта и вовлечения всего организма в реакцию сигнал через гипоталамус поступает к эндокринной системе. Гормоны необходимы и для нормального развития нервной системы, поскольку, например, при нехватке гормонов щитовидной железы в детском возрасте происходит недоразвитие головного мозга, ведущее к кретинизму.

Это интересно!

В крови человека большая часть гормонов находится в неактивной форме. Концентрация многих гормонов варьирует в течение суток, например, пик продукции кортикостероидов приходится на 6–8 ч утра.

Типовые задания



К железам смешанной секреции относятся

- 1) поджелудочная железа и гонады
- 2) гипоталамус и гипофиз
- 3) щитовидная и поджелудочная железы
- 4) надпочечники и шишковидное тело

► Ответ. 1.

ОГЭ

Недостаток инсулина приводит к развитию

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1) гигантизма | 3) сахарного диабета |
| 2) бронзовой болезни | 4) зоба |

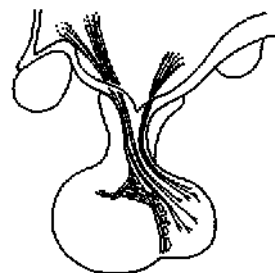
► Ответ. 3.

ЕГЭ

Выберите три верных ответа из шести и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

Железа внутренней секреции, изображённая на рисунке, вырабатывает гормоны, которые регулируют

- 1) обмен углеводов
- 2) развитие и функционирование половых желёз
- 3) рост и развитие костной системы, хрящей и мышц
- 4) метаболизм белков и углеводов
- 5) пигментацию кожи
- 6) тонус вегетативной нервной системы



► Ответ. 235.

5.12. НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Основные понятия и термины

- **Нервная регуляция** — координирующее влияние нервной системы, обеспечивающее согласование работы клеток, тканей и органов человека в соответствии со внутренними потребностями организма и влиянием окружающей среды.
- **Нервная система** — совокупность элементов нервной ткани, координирующая все функции организма.
- **Чувствительные нейроны** — нейроны, воспринимающие и проводящие нервные импульсы от органов в центральную нервную систему.
- **Исполнительные (двигательные) нейроны** — нейроны, проводящие нервные импульсы от центральной нервной системы к органам.
- **Вставочные нейроны** — нейроны, расположенные между чувствительными и двигательными.
- **Рефлекс** — реакция организма на раздражитель, которая осуществляется с помощью нервной системы.

- ▮ **Рефлекторная дуга** — путь, по которому проходит нервный импульс при реализации рефлекса.
- ▮ **Центральная нервная система (ЦНС)** — головной и спинной мозг.
- ▮ **Периферическая нервная система (ПНС)** — совокупность нервов и нервных узлов, лежащих за пределами ЦНС.
- ▮ **Соматическая нервная система** — совокупность нервных центров и нервов, управляющих работой мышц тела.
- ▮ **Вегетативная (автономная) нервная система** — часть нервной системы, контролирующая работу внутренних органов.

Объяснение и важные примеры

5.12.1. Строение нервной системы

Многоклеточные организмы нуждаются в сложной системе согласования всех процессов жизнедеятельности для поддержания постоянства внутренней среды и своевременного реагирования на внешние воздействия. В организме человека эту функцию выполняют нервная, эндокринная и иммунная системы.

Нервная регуляция обеспечивается функционированием нервной системы.

Нервная система человека образована нервной тканью, структурной единицей которой является *нейрон*. Основной формой её деятельности является *рефлекс*, при реализации которого нервный импульс проходит по *рефлекторной дуге*. По положению в рефлекторной дуге нейроны делятся на *чувствительные*, *вставочные* и *двигательные*.

Элементарная рефлекторная дуга образована двумя нейронами — чувствительным и двигательным. Примером такой рефлекторной дуги является *дуга коленного рефлекса* (рис. 190). Если нанести ниже колена лёгкий удар специальным молоточком, в ответ голень и стопа будут резко выброшены вперёд. Большинство рефлекторных дуг в организме человека содержит все три типа нейронов.

Рефлекс осуществляется только в том случае, если все звенья рефлекторной дуги

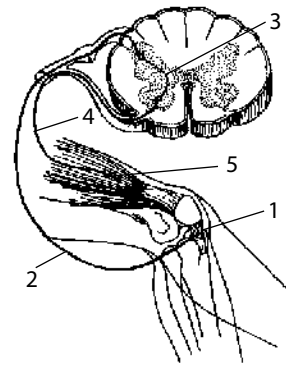


Рис. 191. Рефлекторная дуга коленного рефлекса:

- 1 — рецептор;
- 2 — чувствительный нейрон;
- 3 — вставочный нейрон;
- 4 — двигательный нейрон;
- 5 — исполнительный орган

возбуждены. Если хоть в одном из них происходит торможение, то и рефлекс проявляться не будет.

Анатомически нервная система делится на *центральную* (ЦНС) и *периферическую* (ПНС). В зависимости от выполняемых функций выделяют *соматическую* и *автономную (вегетативную)* нервные системы.

5.12.2. Строение и функции спинного мозга

Спинной мозг располагается в позвоночном канале, образованном телами и дугами позвонков. Снаружи он покрыт тремя оболочками: твёрдой, паутинной и мягкой. Спинной мозг имеет вид длинного тяжа, разделённого продольными бороздами на правую и левую половины. В центре спинного мозга проходит спинномозговой канал, заполненный спинномозговой жидкостью. Спинномозговой канал окружён серым веществом, тогда как на периферии спинного

мозга располагается белое вещество (рис. 191). Белое вещество образовано длинными отростками нейронов, образующими проводниковые пути. Серое вещество состоит из тел нейронов.

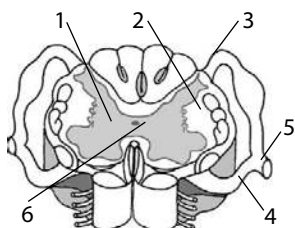


Рис. 192. Строение (поперечный срез) спинного мозга:

- 1 — серое вещество;
- 2 — белое вещество;
- 3 — задний корешок;
- 4 — передний корешок;
- 5 — спинномозговой нерв;
- 6 — спинномозговой канал

Почти в каждом позвонке от спинного мозга отходит пара передних (двигательных) и пара задних (чувствительных) нервов. На выходе из позвонков они сливаются, образуя 31–33 пары *спинномозговых нервов*, иннервирующих органы тела.

Спинной мозг выполняет проводниковую и рефлекторную функции. В нём находятся, например, центры сгибательного (отдёргивания руки от горячего), коленного рефлексов, а также рефлексов мочеиспускания и дефекации. При повреждении спинного мозга нарушается его проводимость: ниже места повреждения утрачивается чувствительность частей организма и способность к движению.

5.12.3. Строение и функции головного мозга

Головной мозг человека находится в мозговом отделе черепа и имеет такие же три оболочки, как и спинной мозг — твёрдую, паутинную и мягкую (рис. 192). Внутри головного мозга находятся четыре полости — *желудочка*. Снаружи и изнутри, в желудочках, мозг омывается *спинномозговой жидкостью*. Масса головного мозга

в среднем составляет около 1300–1400 г. От него отходят 12 пар *черепно-мозговых нервов*, связывающих его со внутренними органами, органами чувств и мышцами. Головной мозг анатомически делят на *продолговатый мозг, мост, мозжечок, средний, промежуточный и передний мозг*.

Продолговатый мозг является продолжением спинного. В нём находятся центры рефлексов дыхания, сердцебиения, пищевого поведения (глотания, сосания, жевания), защитных (рвоты, чихания, кашля, слёзотделения, смыкания век) поддержания позы и др. Помимо рефлекторной, он выполняет также и проводниковую функцию.

Мост соединяет средний и продолговатый мозг, и в основном выполняет проводниковую функцию.

Мозжечок образован двумя полушариями, покрытыми корой из серого вещества. Он координирует движения организма, участвует в поддержании тонуса мышц и регуляции работы внутренних органов.

В *среднем мозге* находятся центры первичного анализа информации, приходящей от органов чувств, а также проводниковые пути. В ответ на вспышку света или сильный звук человек поворачивает голову в направлении раздражителя — это безусловный *ориентировочный рефлекс*. Важную роль средний мозг играет в регуляции тонуса мышц и тонких движений рук.

Промежуточный мозг образован парным *таламусом* (зрительным бугром), *гипоталамусом* (подбугорьем) и *эпифизом*. Таламус является подкорковым центром всех видов чувствительности, организации инстинктов, влечений и эмоций. Он интегрирует нервные пути, идущие в передний мозг и от него, а также осуществляет быстрый анализ и переключение на разные участки коры переднего мозга сигналов, поступающих от различных органов тела.

Гипоталамус — высший центр нейрогуморальной регуляции в организме человека. В нижней части гипоталамус соединён с *гипофизом* — железой внутренней секреции. Функциями гипоталамуса являются регуляция обмена веществ, терморегуляция, деятельность пищеварительной, эндокринной и выделительной систем, системы кровообращения, голода и насыщения, жажды, страха и ярости,

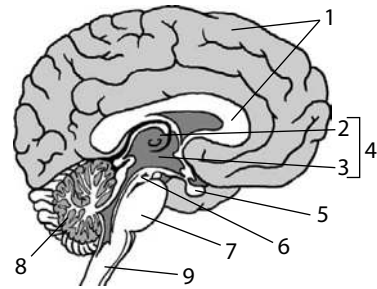


Рис. 193. Строение головного мозга:

- 1 — передний мозг; 2 — таламус;
- 3 — гипоталамус; 4 — промежуточный мозг; 5 — гипофиз; 6 — средний мозг; 7 — мост; 8 — мозжечок;
- 9 — продолговатый мозг

удовольствия, сна и бодрствования, а также эмоций и памяти. Спереди он переходит в большие полушария конечного мозга.

Продолговатый мозг, мост и средний мозг объединяются в *ствол мозга*. Он выполняет рефлекторную, проводниковую и ассоциативную функции, обеспечивая взаимодействие всех структур ЦНС. В толще серого вещества продолговатого мозга, моста, среднего и промежуточного мозга располагается *ретикулярная формация* — сеть нейронов, тесно связанная с остальными структурами ЦНС. Её основной функцией является регуляция уровня активности коры больших полушарий, мозжечка, таламуса и спинного мозга.

Большие полушария переднего мозга занимают большую часть мозгового отдела черепа. Они покрыты *корой* из серого вещества, под которой находится *белое вещество*. Серое вещество коры больших полушарий в основном состоит из тел нейронов и их коротких отростков, а белое представляет собой совокупность их длинных отростков, среди которых встречаются небольшие скопления нейронов — *подкорковые ядра*.

Кора больших полушарий образует многочисленные *борозды* и *извилины*, увеличивающие площадь её поверхности. Наиболее крупные борозды делят кору на доли: *лобную*, *височную*, *теменную* и *затылочную* (рис. 193). Участки коры, отвечающие за выполнение определённых функций, называют зонами, или центрами. Чётких границ между ними не существует. Эти центры разделяют на три группы: сенсорные, двигательные и ассоциативные. Сенсорные зоны воспринимают сигналы от различных рецепторов, в двигательных зонах формируются сигналы к соответствующим органам, тогда как ассоциативные объединяют деятельность двух первых.

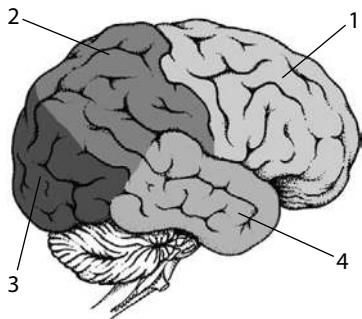


Рис. 194. Доли коры больших полушарий головного мозга:

- 1 — лобная;
- 2 — теменная;
- 3 — затылочная;
- 4 — височная

В *лобной доле* расположены двигательные центры, в *теменной* — вкусовые, а также центры кожно-мышечного чувства, в *височной* — слуховые, в *затылочной* — зрительный.

С деятельностью ассоциативных зон наиболее сильно связаны высшие психические функции — мышление, сознание, речь и др. Подкорковые ядра участвуют в координации движений, регуляции работы внутренних органов и формировании эмоций. Таким образом, передний мозг в основном выполняет

рефлекторную функцию, а также является основой психической деятельности человека.

В левом полушарии располагаются центры речи, письма, восприятия цифр и нот, счёта и др., тогда как в правом осуществляется восприятие пространственных образов. Однако асимметрия полушарий является сугубо *функциональной*, а не анатомической. Вместе с тем между полушариями существуют настолько тесные связи, что ни обработка информации, ни большинство высших психических функций не могут осуществляться только одним из них.

5.12.4. Вегетативная нервная система

Вегетативная нервная система, охватывающая отделы головного мозга и нервы с их разветвлениями, иннервирует в основном внутренние органы — сердце, сосуды, железы внутренней секреции и др. Она делится на два отдела — *симпатический* и *парасимпатический*.

Узлы *симпатического отдела* лежат в грудном и поясничном отделах спинного мозга, а также по обе стороны от позвоночного столба. Симпатический отдел вегетативной нервной системы отвечает за мобилизацию резервов организма в ответ на сильные раздражители. При этом увеличиваются частота и сила сердечных сокращений и дыхательных движений, сужаются многие сосуды, расширяются зрачки, повышается концентрация сахара в крови, но в то же время ослабевают процессы пищеварения и выделения.

Узлы *парасимпатического отдела* находятся в продолговатом мозге, крестцовом отделе спинного мозга и во внутренних органах. Парасимпатический отдел нормализует жизнедеятельность организма, при этом снижается частота и сила сердечных сокращений и дыхательных движений, расширяются сосуды, сужаются зрачки, снижается концентрация сахара в крови, однако усиливается пищеварение и выделение.

Ряд внутренних органов иннервируется одновременно обоими отделами вегетативной нервной системы, однако ко многим кровеносным сосудам, селезёнке и органам чувств подходят только симпатические или парасимпатические нервы.

Это интересно!

Масса головного мозга младенца составляет 10% массы тела (в среднем 450 г), а у взрослого человека — только 2%. После 50 лет масса мозга постепенно уменьшается, примерно на 30 г каждые 10 лет. Масса мозга мужчин в среднем на 100–150 г больше, чем у женщин.

Занятие незнакомой деятельностью — лучший способ развития мозга.

Типовые задания



Серое вещество окружено белым только в

- 1) спинном мозге
- 2) больших полушариях переднего мозга
- 3) полушариях мозжечка
- 4) периферических нервах

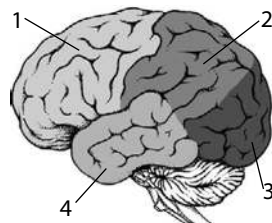
► Ответ. 1.



На рисунке изображены доли головного мозга. Какой цифрой на нём обозначена доля, где расположен зрительный центр?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

► Ответ. 3.



Все перечисленные ниже признаки, кроме двух, можно использовать для описания нервной системы. Определите два признака, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) выполняет проводниковую и рефлекторную функции.
- 2) управляет работой скелетных мышц
- 3) синтезирует витамины
- 4) координирует работу всех внутренних органов
- 5) вырабатывает антитела

► Ответ. 35.

5.13. АНАЛИЗАТОРЫ

Основные понятия и термины

- **Анализатор**, или **сенсорная система**, — совокупность структур нервной системы, воспринимающих, передающих и анализирующих информацию из внутренней и внешней среды.
- **Строение анализатора**: рецепторы (периферический отдел), нервы (проводниковый отдел), нервные центры в коре мозга (центральный, или корковый, отдел).

- ▶ **Рецептор** — специализированное образование, выполняющее функцию преобразования энергии внешнего или внутреннего раздражителя в нервные импульсы, несущие нервным центрам информацию о раздражителе.
- ▶ **Оболочки глаза:** белочная, или склера (наружная), сосудистая (средняя), сетчатка (внутренняя).
- ▶ **Оптическая система глаза:** роговица, водянистая влага, хрусталик, стекловидное тело.
- ▶ **Аккомодация** — приспособление глаза к наилучшему видению.
- ▶ **Зрительные рецепторы сетчатки:** палочки и колбочки.
- ▶ **Слепое пятно** — участок сетчатки, на котором не воспринимаются световые раздражители; место выхода зрительного нерва.
- ▶ **Строение уха:** наружное ухо (ушная раковина и наружный слуховой проход), среднее ухо (барабанная полость с тремя слуховыми косточками — молоточком, наковальней и стремечком) и внутреннее ухо (улитка).

Объяснение и важные примеры

Человек получает информацию при помощи *органов чувств*. Они являются лишь начальным звеном более сложных систем — *анализаторов*.

Ведущей составляющей органа чувств являются *рецепторы*. К свойствам рецепторов относят: специфичность воспринимаемого раздражения, порог возбудимости, адаптация, трансформация энергии в нервные импульсы.

По физической природе воспринимаемых раздражителей рецепторы делят на фото- (зрение), хемо- (обоняние, вкус), механо- (слух, равновесие, осязание) и терморецепторы (осязание). Основными анализаторами являются зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой и осязательный.

Значительный вклад в разработку учения об анализаторах внёс великий русский физиолог И. Павлов.

5.13.1. Зрительный анализатор

Зрительный анализатор обеспечивает восприятие и анализ 90 % информации об окружающем мире. Его рецепторы расположены в *глазах*, нервные импульсы от которых поступают по *зрительным нервам* в средний мозг, а затем в *таламус* промежуточного мозга и *затылочную долю коры больших полушарий* переднего мозга.

Строение глаза. Глаз имеет форму неправильного шара. Он находится в *глазнице* черепа. Его удерживают и обеспечивают его движение круговая мышца глаза и три пары глазничных мышц. Глаз защищён снаружи вспомогательными органами — бровями, веками и ресницами. Внутренняя поверхность век и передние участки глаза покрыты слизистой оболочкой — *конъюнктивой*. При моргании поверхность глаза увлажняется и промывается *слёзной жидкостью*, вырабатываемой *слёзными железами*, расположенными в верхнем наружном углу глаза (рис. 194).

Наружная белочная оболочка глаза, или *склера*, спереди переходит в прозрачную и выпуклую *роговицу*, имеющую наибольший коэффициент преломления (рис. 195). Сосудистая оболочка обеспечивает кровоснабжение глаза. Её передняя часть образует *радужную оболочку* глаза и ресничное тело. Сокращение и расслабление мышц радужки позволяет изменять диаметр *зрачка* в центре радужной оболочки. С внутренней стороны к сосудистой оболочке прилегает *сетчатка*.

За радужной оболочкой находится прозрачное тело, имеющее форму двояковыпуклой линзы, — *хрусталик*, прикреплённый к мышцам ресничного тела. Сокращение и расслабление ресничных мышц позволяет изменять кривизну хрусталика и фокусировать изображение рассматриваемого объекта на сетчатке. Таким образом, хрусталик играет ведущую роль в *аккомодации*. Расположенная между роговицей и хрусталиком полость заполнена *водянистой влагой*, а за хрусталиком — студенистым *стекловидным телом*.

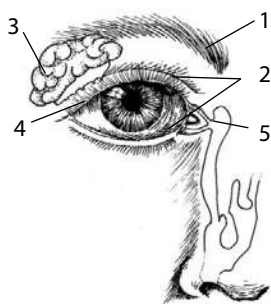


Рис. 195. Вспомогательные органы глаза:

- 1 — бровь;
- 2 — веки;
- 3 — слёзная железа;
- 4 — ресницы;
- 5 — слёзный проток

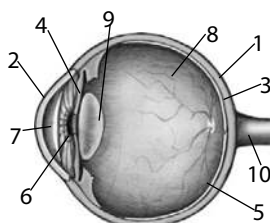


Рис. 196. Строение глаза:

- 1 — склера;
- 2 — роговица;
- 3 — сосудистая оболочка;
- 4 — радужная оболочка;
- 5 — сетчатка;
- 6 — зрачок;
- 7 — передняя камера;
- 8 — стекловидное тело;
- 9 — хрусталик;
- 10 — зрительный нерв

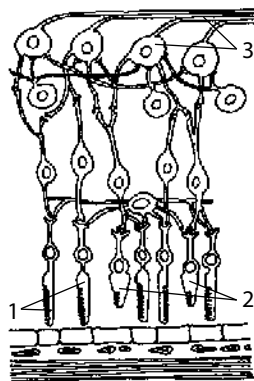


Рис. 197. Строение сетчатки:

- 1 — палочки;
- 2 — колбочки;
- 3 — нейроны

Оптическая система глаза (рис. 195) формирует на сетчатке *перевернутое уменьшенное изображение* рассматриваемого объекта.

Сетчатка глаза состоит из нескольких слоёв клеток, первый из которых образован пигментными клетками, второй — зрительными рецепторами (рис. 196), а остальные — нейронами, аксоны которых собираются в *зрительный нерв*.

Палочки обеспечивают восприятие света (сумеречное зрение). Их в сетчатке до 125 млн, они сравнительно равномерно распределены в ней. Палочки содержат пигмент *родопсин*, или зрительный пурпур. В состав родопсина входит производное витамина А, поэтому его дефицит сопровождается утратой способности человека видеть в сумерках и темноте («*куриная слепота*»).

Колбочки содержат зрительный пигмент *йодопсин* и отвечают за восприятие цвета. Существует три типа колбочек, которые реагируют на красный, синий и зелёный цвета. Их в сетчатке около 6 млн, большая их часть сосредоточена напротив просвета зрачка в так называемом *жёлтом пятне*, которое является местом наилучшего видения. Отсутствие части колбочек приводит к нарушению цветового восприятия, или *дальтонизму*.

Слепое пятно сетчатки, в котором выходит зрительный нерв, не содержит ни палочек, ни колбочек.

Функции органа зрения. Зрение даёт возможность различать свет, цвет, размеры предметов, расстояние до них и скорость их движения. Большая часть этих характеристик воспринимается только с помощью двух глаз, формирующих *бинокулярное зрение*, а также мышц глаза.

Нарушения зрения. Наиболее распространёнными заболеваниями органа зрения являются близорукость, дальнозоркость, косоглазие, катаракта (помутнение хрусталика), глаукома, конъюнктивит (воспаление конъюнктивы). При *близорукости* изображение фокусируется перед сетчаткой, и для его исправления человеку необходимо носить очки с двояковогнутыми линзами. *Дальнозоркость* сопряжена с фокусировкой изображения за сетчаткой, поэтому для её коррекции используются двояковыпуклые линзы. Ряд заболеваний, различные травмы, длительная работа за компьютером, чтение при недостаточной освещённости и в транспорте могут привести к частичной или полной потере зрения.

5.13.2. Слуховой анализатор

Слух обеспечивает человеку восприятие звуковых колебаний в диапазоне от 16 до 20 000 Гц. Периферический отдел слуховой

сенсорной системы человека состоит из *наружного, среднего и внутреннего уха* (рис. 197). Наружное ухо образовано *ушной раковиной* и *наружным слуховым проходом*, в котором имеются волоски и железы, выделяющие кожное сало и ушную серу. Ушная сера задерживает пыль и обезвреживает микроорганизмы. Наружное и среднее ухо разделены *барабанной перепонкой*.

Среднее ухо образовано *барабанной полостью* и соединяющей её с носоглоткой *слуховой трубой*. В барабанной полости находятся три слуховых косточки: *молоточек, наковальня и стремечко*. Молоточек упирается в барабанную перепонку, а стремечко — в перепонку овального окна.

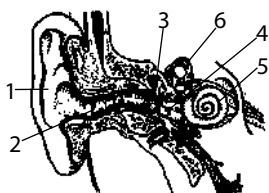


Рис. 198. Строение органа слуха:

- 1 — ушная раковина;
- 2 — внешний слуховой проход;
- 3 — барабанная перепонка;
- 4 — слуховые косточки;
- 5 — улитка;
- 6 — полукружные каналы

Внутреннее ухо представляет собой систему полостей и канальцев в глубине височной кости — *костный лабиринт* со вложенным в него *перепончатым лабиринтом*. Функцию слуха во внутреннем ухе выполняет только улитка, тогда как преддверие и полукружные каналы составляют орган равновесия (рис. 198). Улитка образована спиральным костным каналом, имеющим два с половиной оборота. Две внутренние мембраны разделяют эту полость на три канала, заполненных жидкостью. В среднем канале расположен рецепторный аппарат улитки — *спиральный, или кортиев, орган, волосковые клетки* (рецепторы) которого воспринимают звуковые колебания (рис. 199).

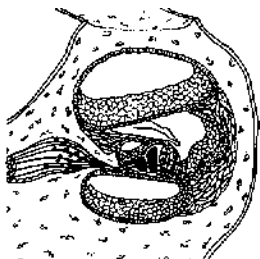


Рис. 199. Поперечный срез улитки

Звуковые колебания вызывают колебания барабанной перепонки, которые передаются на перепонку овального окна посредством системы слуховых косточек. Колебания перепонки овального окна вызывают изменения давления жидкости в улитке и возбуждение волосковых клеток кортиева органа. От них нервные импульсы по *слуховому нерву* поступают в *височную долю коры* больших полушарий переднего мозга.

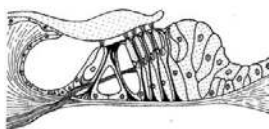


Рис. 200. Кортиев орган

Благодаря органу слуха мы определяем силу звука, его частоту и источник. В большинстве случаев это возможно только при восприятии двумя ушами сразу — *бинауральном слухе*.

Основными нарушениями остроты слуха являются тугоухость и воспаление среднего уха. Они главным образом обусловлены травматическими повреждениями (например, контузией), перенесёнными заболеваниями, наследственными факторами и др. Во избежание снижения остроты слуха и его утраты необходимо уши регулярно мыть и очищать от ушной серы, своевременно обращаться к врачу при воспалительных заболеваниях дыхательных путей, открывать рот при звуках большой мощности.

5.13.3. Вестибулярный анализатор

Орган равновесия, или вестибулярная сенсорная система, играет ведущую роль в пространственной ориентации человека. Его периферический отдел состоит из трёх *полукружных каналов* и двух *мешочков* во внутреннем ухе в глубине височной кости рядом с улиткой. Полукружные каналы расположены в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях; как и мешочки, они представляют собой замкнутые резервуары с жидкостью. В стенках каналов и мешочков имеются участки рецепторных клеток, волоски которых погружены в желеобразные структуры с кристалликами кальция. Изменение положения тела и головы, силы тяжести и ускорение вызывает смещение этих структур и возбуждение рецепторов, которое передаётся в разные отделы ствола мозга, лобную и теменную доли коры больших полушарий переднего мозга.

5.13.4. Мышечное чувство

Кроме вестибулярного аппарата положение тела и его частей в пространстве определяется благодаря рецепторам в мышцах, сухожилиях и суставах. Они посылают нервные импульсы в *теменную долю коры* больших полушарий, например при сокращении и расслаблении мышц. Поэтому можно без помощи зрения и не задумываясь менять позу и совершать автоматизированные движения.

5.13.5. Осязание

Рецепторы осязания не образуют специального органа чувств. Они расположены в коже по всей поверхности тела и в языке. Осязательные рецепторы различают температуру, давление, вибрацию и боль. Данная сенсорная система даёт возможность различить размеры, форму, плотность объекта, фактуру его поверхности и другие характеристики. Возбуждение от этих рецепторов передаётся в *теменную долю коры* больших полушарий переднего мозга.

5.13.6. Обонятельный анализатор

Рецепторы обоняния представляют собой ресничные клетки, погружённые в эпителий верхней части носовой полости. Они способны различать 7 основных запахов (камфарный, мускусный, цветочный, мятный, эфирный, острый (едкий) и гнилостный). Остальные запахи являются их композициями. Обонятельные нервы передают возбуждение от рецепторов в обонятельные центры в коре больших полушарий переднего мозга.

5.13.7. Вкусовой анализатор

Большинство веществ имеет специфический вкус, но можно выделить четыре основных — солёный, кислый, горький и сладкий, комбинации которых и создают неповторимые вкусовые ощущения.

Рецепторы вкуса входят в состав вкусовых почек, расположенных внутри сосочков языка. Кончик языка лучше всего различает сладкий и солёный вкус, корень языка — горький, а кислый вкус в основном ощущается по бокам языка. Центральное представительство органа вкуса, по-видимому, расположено в *височной доле коры* больших полушарий.

Это интересно!

Женщины чаще плачут из-за содержащегося в крови гормона пролактина, который отвечает за слезливость и за выработку молока во время кормления грудью. У мужчин гормон тестостерон препятствует накоплению слёзной жидкости и глотанию слёз.

В состав слёзной жидкости входят иммуноглобулины, белки, аминокислоты, мочевины, неорганические соединения. В состоянии отчаяния в слезах появляются стресс-гормоны: лейцин-энкефалин и пролактин. «Счастливые» слёзы снижают количество адреналина.

Типовые задания



Повреждение затылочной доли коры больших полушарий переднего мозга приведёт к невосприимчивости

- 1) вкуса
- 2) звука
- 3) температуры
- 4) цвета

► Ответ. 4.

ОГЭ

Какую функцию выполняет ушная сера, выделяющаяся в наружном слуховом проходе человека?

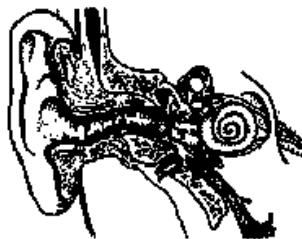
- 1) смягчает колебания барабанной перепонки
- 2) способствует усилению звуковых колебаний
- 3) делает кожу мягкой и эластичной
- 4) задерживает пыль и обезвреживает микроорганизмы

► Ответ. 4.

ЕГЭ

Все перечисленные ниже признаки, кроме двух, можно использовать для описания сенсорной системы, изображённой на рисунке. Определите два признака, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) рецепторный аппарат — кортиев орган
- 2) рецепторные клетки — палочки и колбочки
- 3) воспаление среднего уха — отит
- 4) анализ информации осуществляется в височной доле коры больших полушарий
- 5) механические колебания барабанная перепонка превращает в звуковые и передаёт молоточку среднего уха



► Ответ. 25.

5.14. ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. ПОВЕДЕНИЕ. ПСИХИКА

Основные понятия и термины

- **Высшая нервная деятельность (ВНД)** — совокупность условных и безусловных рефлексов, а также психических функций, которые обеспечивают наиболее совершенное приспособление животных и человека к условиям окружающей среды и совершаются с участием коры больших полушарий и подкорки.
- **Рефлекс** — реакция организма на раздражитель, осуществляемая с помощью нервной системы.
- **Безусловные рефлексы** — относительно постоянные, стереотипные, генетически закреплённые (врождённые) реакции организма на внутренние и внешние раздражители, осуществляемые с участием ЦНС.

- ▶ **Инстинкты** — сложные комплексы связанных друг с другом безусловных рефлексов, для запуска которых необходимы особые пусковые механизмы.
- ▶ **Научение** — процесс расширения жизненного опыта, усвоения знаний, умений, навыков.
- ▶ **Условные рефлексы** — индивидуально приобретённые приспособительные реакции организма.
- ▶ **Временная связь** — совокупность нейрофизиологических, биохимических и ультраструктурных изменений в мозге, возникающих в процессе совместного действия условного и безусловного раздражителей.
- ▶ **Динамический стереотип** — относительно устойчивый комплекс условных рефлексов, основанный на способности нервной системы человека точно воспроизводить последовательность действий в ответ на одинаковые раздражители.
- ▶ **Запечатление, или импринтинг**, — фиксация определённой информации в памяти при формировании врождённых поведенческих актов.
- ▶ **Эмоции** — субъективные реакции животных и человека на внешние и внутренние раздражители, которые проявляются в виде неудовольствия или удовольствия, радости, страха, гнева и т. д.
- ▶ **Память** — способность запоминать, хранить, узнавать и воспроизводить информацию, в основе которой лежит деятельность нервной системы.
- ▶ **Внимание** — сосредоточенность психической деятельности на определённом объекте, с помощью которого обеспечивается отбор необходимой информации.
- ▶ **Воля** — сознательное управление эмоциями и действиями, осуществление задуманного.
- ▶ **Сон** — состояние сниженной двигательной активности, при котором в значительной степени отсутствует реакция на внешние раздражители.
- ▶ **Сознание** — способность человека отделять себя от других людей и окружающего мира, реально оценивать окружающую действительность.
- ▶ **Мышление** — процесс опосредованного, обобщённого отражения действительности с её связями, отношениями, закономерностями.

- ▮ **Речь** — один из видов коммуникативной деятельности человека, использование средств языка для общения с другими членами языкового коллектива.
- ▮ **Психика** — специфическое свойство головного мозга, заключающееся в отражении предметов и явлений существующего вне нас и независимо от нас материального мира.
- ▮ **Первая сигнальная система** — система отражения действительности в форме ощущений и восприятий, общая для животных и человека.
- ▮ **Вторая сигнальная система** — система речевых сигналов (произносимых, видимых, слышимых).

Объяснение и важные примеры

Поведение и психика. Приспособление животных и человека к изменению факторов внешней и внутренней среды обеспечивается функционированием нервной системы и проявляется в их двигательной (*поведенческой*) и внутренней (*психической*) активности.

Различают врождённые и приобретённые формы поведения.

Врождённые формы поведения. В их основе лежит *низшая нервная деятельность*, обеспечивающая приспособление организма к относительно постоянным, привычным для него условиям окружающей среды. К врождённым формам поведения относятся *безусловные рефлексы, инстинкты и эмоции*.

Безусловные рефлексы осуществляются в ответ на жизненно важные раздражители. Различают пищевые, защитные, ориентировочные, половые и др. Цепочки безусловных рефлексов образуют *инстинкты*, например инстинкты самосохранения, материнства и др.

Эмоции. Общаясь с другими людьми, животными, читая книгу и слушая музыку, человек испытывает изменения внутреннего состояния — *эмоции*. С физиологической точки зрения эмоции — это активные состояния структур мозга, регулирующих поведение таким образом, чтобы достичь максимально положительных результатов на фоне минимизации отрицательных. Эмоции сопровождаются выразительными движениями, по которым можно понять, что именно переживает человек в данный момент. Их подразделяют на *эмоциональные реакции* (улыбка, смех, плач), *эмоциональные состояния* (радость, грусть, ярость) и *эмоциональные отношения* (любовь, ненависть, ревность, зависть). Большей частью эмоций человек может управлять при помощи волевого усилия.

Приобретённые формы поведения. Основой *приобретённых форм поведения*, вырабатывающихся в процессе *научения*, является *высшая нервная деятельность*. ВНД обеспечивает более совершенное приспособление организма к условиям среды. К научению относятся образование условных рефлексов, подражание, привыкание, запечатление (импринтинг), рассудочную деятельность, вероятностное прогнозирование и др. Особой формой приобретённого поведения является *сон*.

Условные рефлексы образуются на основе безусловных. Например, для выработки у собаки условного слюноотделительного рефлекса перед кормлением зажигается лампочка (условный раздражитель), что вызывает возбуждение зрительных центров в коре больших полушарий. Через полминуты собака получает пищу (безусловный раздражитель), что вызывает безусловный слюноотделительный рефлекс и возбуждение соответствующего центра в коре. После нескольких сочетаний условного и безусловного раздражителей между очагами возбуждения образуется *временная связь*, и уже при зажигании лампочки у собаки начинает выделяться слюна.

В отличие от безусловных рефлексов, условные могут затормаживаться и растормаживаться.

Существует три вида торможения рефлексов: безусловное (внешнее), условное (внутреннее) и запредельное.

Цепочки условных рефлексов, запускаемые одним и тем же раздражителем, образуют *динамические стереотипы*. Их примерами являются письмо, игра на музыкальных инструментах, езда на велосипеде и др. Они также могут формироваться и разрушаться.

Доминанта. Поведение определяется жизненными *потребностями*, которые существуют всегда, но их острота может снижаться вследствие насыщения, например. При усилении какой-либо потребности в коре больших полушарий возникает очаг возбуждения, который российский физиолог А. А. Ухтомский назвал *доминантой*. Другие центры при этом затормаживаются.

Память. Процесс научения невозможен без запоминания, сохранения и обработки информации. Виды памяти классифицируют по форме проявления (образная, эмоциональная, логическая, словесно-логическая), по временной характеристике или продолжительности (мгновенная, или сенсорная, кратковременная, долговременная). Для долговременной памяти не характерны процессы забывания. Механизмы памяти ещё недостаточно изучены, возможно, они связаны с циркуляцией нервных импульсов в коре больших полушарий или с синтезом специальных пептидов.

Запоминание информации определяется многими составляющими, ведущую роль среди которых играют *внимание, эмоции и объём памяти*.

Внимание. Различают произвольное и непроизвольное внимание.

Непроизвольное внимание возникает помимо воли человека. Оно обычно сохраняется до тех пор, пока объект сохраняет новизну и утрачивается, как только он перестаёт вызывать интерес. В основе непроизвольного внимания лежит ориентировочный рефлекс.

Произвольное внимание связано с волевым сосредоточением на определённом предмете или явлении, которое может не вызывать интереса, но являться необходимым.

Роль российских учёных в развитие учения о ВНД. Изучением высшей нервной деятельности занимались российские учёные И. М. Сеченов (1829–1905) и И. П. Павлов (1849–1936). И. М. Сеченов доказал рефлекторную природу деятельности головного мозга, а также открыл процесс торможения. И. П. Павлов создал учение о безусловных и условных рефлексах, установил различие между видами торможения, выделил типы высшей нервной деятельности.

Типы ВНД. По соотношению силы, подвижности и уравновешенности нервных процессов в коре больших полушарий И. П. Павлов выделил четыре типа высшей нервной деятельности:

1. *Сангвинический тип* характеризуется достаточной силой и подвижностью нервных процессов (сильный, уравновешенный, подвижный).

2. *Флегматический тип* отличается достаточной силой нервных процессов на фоне относительно слабой их подвижности (сильный, уравновешенный, инертный).

3. *Холерическому типу* присуща значительная сила нервных процессов с явным преобладанием возбуждения над торможением (сильный, неуравновешенный, безудержный).

4. *Меланхолический тип* характеризуется низкой силой и подвижностью нервных процессов с преобладанием торможения над возбуждением (слабый, неуравновешенный, инертный).

Эти типы ВНД в чистом виде встречаются крайне редко.

Сон. Ночной сон состоит обычно из 4–5 циклов продолжительностью 90–100 мин, в которых чередуются фазы медленного и быстрого сна. Медленный сон сопровождается снижением частоты сердечных сокращений, артериального давления, дыхания. Во время быстрого сна у человека наблюдаются быстрые движения глаз, усиливается сердцебиение и возрастает артериальное давление, частота

дыхания, возникают сновидения. И. М. Сеченов назвал сновидения «небывальными комбинациями бывалых впечатлений».

Во сне происходит восстановление объёмов кратковременной памяти, эмоционального равновесия, нарушенной системы психологических защит. Подростки должны спать в среднем около 8 часов в сутки, а взрослые — 7 часов, однако это индивидуально.

5.14.1. Особенности психики человека

У животных имеется только *первая сигнальная система*, и они способны вырабатывать рефлексы исключительно на конкретные раздражители. У человека сформировалась качественно отличная форма высшей нервной деятельности — *вторая сигнальная система*, которая способствовала развитию абстрактного мышления, речи, счёта и самосознания.

Специфическими человеческими типами высшей нервной деятельности (по И. П. Павлову) являются *художественный* (преобладание первой сигнальной системы, «правополушарный»), *мыслительный* (преобладание второй сигнальной системы, «левополушарный») и *средний* (уравновешенный).

Лишь человеку свойственен такой высший уровень психического отражения действительности, как *сознание*. К неосознаваемым психическим процессам относятся подсознание и сверхсознание. *Сознание* включает в себя все формы психической деятельности человека: *ощущения, восприятие, представление, мышление, внимание, эмоции и волю*.

Ощущение — это процесс отражения в нашей ЦНС отдельных свойств предметов и явлений окружающего мира (цвета, формы, запаха и т. д.), непосредственно воздействующей на наши органы чувств. Все ощущения суммируются в виде *восприятия*, однако лишь более целостное отражение предмета или явления — *представление* — может нам позволить оперировать с предметом.

В отличие от животных, человек способен не только непосредственно воспринимать предметы и явления с помощью своих органов чувств, но и анализировать их свойства, находить общее и различия, а также создавать новые образы и синтезировать ситуации, т. е. ему свойственно *мышление*. Оно позволяет не только связать какие-то объекты и явления на основе имеющегося опыта, но и спрогнозировать развитие ситуации. Отличительной особенностью человеческого мышления является его неразрывная связь с языком, речью.

Язык — это социальное средство хранения и передачи информации, которое отличается системностью организации единиц языка, хотя строение, словарный состав и другие характеристики языков могут различаться. Язык прежде всего реализуется и существует в речи.

Речь выполняет коммуникативную, регулирующую и программирующую функции.

Психика. Психика сложна и многообразна по своим проявлениям. К ней относят три крупные группы психических явлений: психические процессы, психические состояния и психические свойства личности.

Психические свойства синтезируются и образуют сложные структурные образования личности: *жизненную позицию личности* (систему потребностей, интересов, убеждений, идеалов, определяющую избирательность и уровень активности человека), *темперамент* (систему природных свойств личности — подвижность, уравновешенность поведения и тонус активности — характеризующую динамическую сторону поведения), *способности* (систему интеллектуально-волевых и эмоциональных свойств, определяющую творческие возможности личности) и, наконец, *характер* как систему отношений и способов поведения.

Типовые задания



Какие формы нервной деятельности могут осуществляться с участием только продолговатого мозга?

- 1) мышление
- 2) сознание
- 3) безусловные рефлексы
- 4) условные рефлексы

► Ответ. 3.



Великий русский учёный XIX в. И. М. Сеченов сказал, что: «В мысли есть начало ..., продолжение его и только нет, по-видимому, конца — движения». Какой термин из предложенных следует поставить на место пропуска?

- 1) памяти
- 2) рефлекса
- 3) воли
- 4) эмоции

► Ответ. 2.

ЕГЭ

Все перечисленные ниже признаки, кроме двух, используются для описания изображённого на рисунке типа высшей нервной деятельности. Определите два признака, «выпадающие» из общего списка, и запишите **цифры**, под которыми они указаны.



- 1) вспыльчивость и отходчивость, непосредственно следующая за бурными вспышками чувств
 - 2) лёгкость и быстрота возникновения новых эмоциональных состояний
 - 3) слабая эмоциональная возбудимость
 - 4) медленное течение психических процессов, в том числе эмоциональных переживаний
 - 5) яркая выраженность эмоциональных переживаний и быстрота их протекания
- Ответ. 34.

6. ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

6.1. ГИПОТЕЗЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Основные понятия и термины

- ▮ **Креационизм** — концепция сотворения Вселенной и планеты Земля сверхъестественным существом из ничего и неизменности видов.
- ▮ **Трансформизм** — система взглядов о происхождении одних видов от других, путём их постепенного изменения.
- ▮ **Эволюционизм** — учение об историческом развитии органического мира.

Объяснение и важные примеры

Гипотезы происхождения органического мира. Человечество с глубокой древности волновал вопрос о происхождении и развитии органического мира, о чём свидетельствуют мифы народов мира и труды античных учёных, в которых были изложены гениальные идеи, нашедшие подтверждение тысячелетия спустя. Можно выделить три основные концепции происхождения органического мира — *креационизм*, *биогенез* и *абиогенез*.

Креационизм опирается на постулаты священных текстов различных религий, а также философские труды, однако в настоящее время данная концепция не признаётся научным сообществом.

Теории *биогенеза* исходят из того, что живое произошло от живого. Основными из них являются *гипотеза стационарного состояния* и *гипотеза панспермии*. Гипотеза стационарного состояния утверждает, что наша планета и жизнь на ней существуют вечно, однако,

по современным данным, возраст Земли составляет около 4,5 млрд. лет, а жизни на ней — 3,8–4,1 млрд лет. Гипотеза панспермии предполагает перенесение жизни из космоса на основании обнаружения органических веществ на космических телах. Однако она не даёт ответа на вопрос об изначальном возникновении жизни. Эту гипотезу отстаивал выдающийся английский учёный Ф. Крик.

Теории *абиогенеза* утверждают возможность происхождения живого из неживого. К ним относят гипотезу самозарождения жизни и теорию биохимической эволюции А. Опарина и Дж. Холдейна.

Гипотеза самозарождения жизни была альтернативой креационизма ещё в древнем и античном мире, например, древнегреческий учёный Аристотель считал, что материя несёт некое активное начало, которое при определённых условиях может пробуждаться и превращать неживое вещество в живое. Более поздними исследователями приводились факты возникновения мышей из грязного белья, лягушек — из грязи и др. Однако они были опровергнуты опытами Ф. Реди, Л. Спалланцани и Л. Пастера.

Итальянский врач Ф. Реди в 1668 году показал, что в затынутых кисеёй горшочках с гниющим мясом личинки мух не появлялись, в отличие от незакрытых горшочков.

Итальянский натуралист Л. Спалланцани в 1765 году установил, что в прокипячённых длительное время и запечатанных овощных отварах также не возникает признаков жизни.

Великий французский учёный Л. Пастер в 1860 году прокипятил бульон в колбе с длинным узким горлышком, изогнутым в виде буквы S. Несмотря на то, что горлышко оставалось открытым, бульон долгое время не портился и начинал мутнеть вследствие бурного роста микроорганизмов только после удаления S-образного горлышка. Этим опытом окончательно доказана невозможность самозарождения жизни.

Гипотеза биохимической эволюции. В 20-е годы XX века российский учёный А. И. Опарин выдвинул предположение о том, что под действием электрических разрядов высокой мощности, ультрафиолетового излучения и при высокой радиации в первичной атмосфере Земли, состоявшей из аммиака, метана, углекислого газа и водяных паров, синтезировались простейшие органические соединения.

Затем органические молекулы объединялись в более крупные молекулы на мелководьях морей и океанов и постепенно образовывали в воде устойчивые комплексы — *коацерватные капли*, напоминающие сгустки органических веществ в бульоне. Капли с удачным сочетанием веществ, в особенности белков, поглощали молекулы

других веществ из окружающей среды, а со временем приобрели способности осуществлять реакции обмена веществ и воспроизводить себе подобных.

Потребность в энергии первоначально удовлетворялась ими за счёт бескислородного расщепления органических веществ из окружающей среды, т. е. гетеротрофного питания. Результатом химической эволюции явилось появление *протобионтов* — первичных живых организмов, от которых в результате биологической эволюции произошли все существующие в настоящее время виды. Отбор на уровне протобионтов шёл, по-видимому, по способности поглощать белки-ферменты.

Некоторые из поглощаемых органических веществ оказались способными аккумулировать энергию солнечного света, как, например, хлорофилл, что дало возможность ряду организмов перейти к автотрофному питанию. Выделение кислорода в атмосферу в процессе фотосинтеза привело к появлению более эффективного кислородного дыхания, возникновению озонового слоя и в конечном итоге выходу организмов на сушу.

Сходные предположения выдвинул позднее английский исследователь Дж. Холдейн, однако он считал, что главную роль в биохимической эволюции сыграли не белки, а нуклеиновые кислоты.

В 1953 году американские исследователи С. Миллер и Г. Юри смоделировали условия первичной атмосферы Земли, которые позволили синтезировать аминокислоты, углеводы и липиды.

На основе гипотезы Опарина — Холдейна английский учёный Дж. Бернал сформулировал *гипотезу биопоэза* (1947). Он выделил три основных этапа возникновения жизни: химический (абиогенный синтез органических мономеров), предбиологический (синтез биологических полимеров) и биологический (образование первых организмов).

В связи с тем что белки не могут самовоспроизводиться, открытие молекул РНК, обладающих каталитическими свойствами, стало отправной точкой гипотезы «мир РНК», согласно которой первыми молекулами жизни были именно РНК. В дальнейшем РНК, вероятно, стали матрицами для синтеза ДНК как более стабильного носителя наследственной информации и белков.

История эволюционных идей. Активное изучение животного и растительного мира в античности, в эпоху Великих географических открытий и Новое время привело к формированию трёх основных концепций, объясняющих видовое разнообразие, — *креационизма, трансформизма и эволюционизма*.

Виднейшими представителями креационизма были К. Линней и Ж. Кювье. Великий ботаник, хотя и считал, что виды неизменны, но в конце жизни вынужден был допустить возможность их гибридизации. Для объяснения исчезновения множества видов ископаемых животных Ж. Кювье сформулировал *теорию катастроф*. Согласно этой теории в результате катаклизмов на планете неоднократно происходили масштабные вымирания живого, на смену которому приходили виды животных и растений из уцелевших уголков Земли. Последователи Ж. Кювье утверждали, что восстановление флоры и фауны происходило за счёт повторных актов творения и насчитывали до 27 таких глобальных катастроф.

Трансформизм признавал реальное существование видов и их историческое развитие, однако не предлагал конкретных механизмов этого изменения. Его основными сторонниками были Ж. Бюффон, И. В. Гёте, Э. Жоффруа Сент-Илер и дед Ч. Дарвина — Э. Дарвин, а в России — А. Каверзнев и К. Рулье.

Трансформизм стал предтечей *эволюционизма*, важнейшими представителями которого являлись создатели эволюционных теорий Ж.-Б. Ламарк и Ч. Дарвин.

Эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка. Несмотря на то, что французский учёный-естествоиспытатель Ж.-Б. Ламарк (1744–1829) признавал акт сотворения пространства, времени, движения и материи, все остальные объекты он относил к созданным самой природой и развивающимся по собственным законам. Движущей силой эволюции он считал внутреннее стремление организмов к прогрессу (*закон градации*), однако приспособление к условиям внешней среды вынуждает их отклоняться от этой магистральной линии. При этом органы, которые интенсивно используются животным в процессе жизнедеятельности, развиваются, а невостребованные, наоборот, ослабевают и даже могут исчезать (*закон упражнения и неупражнения органов*). Приобретённые в процессе жизни признаки закрепляются и передаются потомкам (*закон наследования приобретённых признаков*). Так, длинная шея жирафов, по Ламарку, возникла вследствие того, что их предки старались доставать листья с верхушек деревьев.

Однако эксперименты немецкого зоолога А. Вейсмана с отрезанием хвостов мышам в ряду поколений, проведённые в начале XX века, опровергли эти предположения Ж.-Б. Ламарка.

Предпосылки создания эволюционной теории Ч. Дарвина. Отправными точками эволюционной теории Ч. Дарвина (1809–1882) стали публикация труда английского экономиста Т. Мальтуса «Трактат о народонаселении» (1778), работы геолога Ч. Лайеля,

формулировка клеточной теории, успехи селекции в Англии и собственные наблюдения Ч. Дарвина, сделанные в годы учёбы в Кембридже, в экспедиции в качестве натуралиста на корабле «Бигль» и по её завершении.

Так, Т. Мальтус утверждал, что население Земли увеличивается в геометрической прогрессии, что существенно превышает возможности планеты по обеспечению его продовольствием и ведёт к гибели части потомства. Параллели, проведённые Ч. Дарвиным и его единомышленником А. Уоллесом, указывали на то, что и в природе особи размножаются с очень высокой скоростью, однако численность популяций остаётся относительно постоянной.

Исследования английского геолога Ч. Лайеля позволили установить, что поверхность Земли далеко не всегда была такой, как в настоящее время, а её изменения были вызваны воздействием воды, ветра, вулканическими извержениями и деятельностью живых организмов.

Самого же Ч. Дарвина ещё в студенческие годы поразила крайняя степень изменчивости жуков, а во время путешествия — сходство флоры и фауны континентальной Южной Америки и лежащих вблизи неё Галапагосских островов и в то же время значительное разнообразие видов, например вьюрков и черепах. Кроме того, в экспедиции он мог наблюдать скелеты гигантских вымерших млекопитающих, сходных с современными броненосцами и ленивцами, что существенно поколебало его веру в сотворение и неизменность видов.

Типовые задания



Какие молекулы могли быть первыми носителями жизни согласно современным представлениям?

- 1) белки
- 2) РНК
- 3) ДНК
- 4) углеводы

► Ответ. 2.



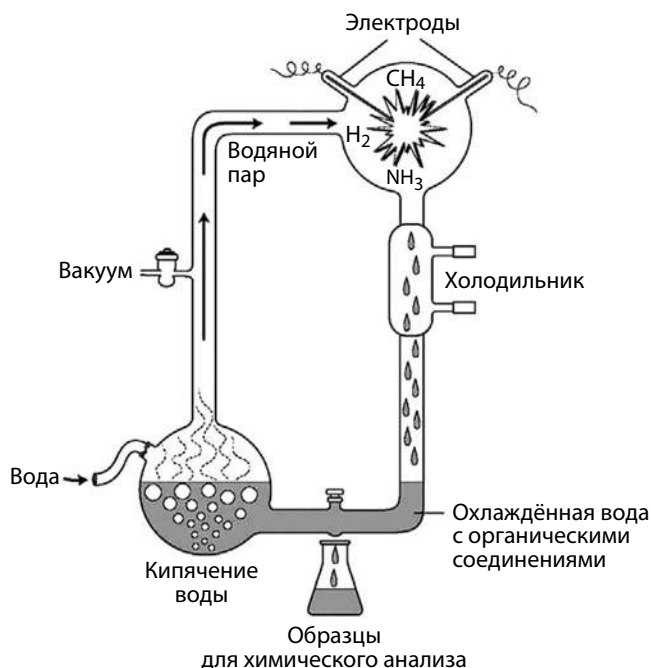
Заслуга Ж.-Б. Ламарка перед наукой состоит в

- 1) научном объяснении происхождения жизни
- 2) разработке современной классификации растений
- 3) создании первой эволюционной теории
- 4) доказательстве наследования приобретённых признаков

► Ответ. 3.

ЕГЭ

Экспериментальное подтверждение какой гипотезы происхождения жизни изображено на рисунке? Каков состав газовой смеси в колбе? Что образуется в результате? Дайте обоснованный ответ.



6.2. ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ. ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ Ч. ДАРВИНА

Основные понятия и термины

- **Доказательства эволюции:** палеонтологические, биогеографические, сравнительно-эмбриологические, сравнительно-анатомические, сравнительно-биохимические.
- **Переходные формы** — организмы, сочетающие признаки как эволюционно более древних, так и более молодых групп организмов.
- **Филогенетический ряд** — ряд видов, последовательно сменявших друг друга в процессе эволюции.
- **Эндемичные виды**, или **эндемики**, — виды растений и животных, обитающие на ограниченных участках территории или акватории.

- ▮ **Реликты** — отдельные виды или группы организмов, сохранившиеся от широко распространённых ранее крупных таксонов.
- ▮ **Гомологичные органы** — органы, имеющие сходное строение, положение в организме и развивающиеся из сходных зачатков у родственных организмов, но выполняющие разные функции.
- ▮ **Аналогичные органы** — сходные у организмов различных групп структуры разного происхождения, выполняющие одинаковые функции.
- ▮ **Рудиментарные (рудименты) органы** — недоразвитые по сравнению с предковыми формами структуры, которые потеряли основное значение.
- ▮ **Атавизмы** — проявившиеся у данной особи признаки, имевшиеся у отдалённых предков, но утраченные видом в настоящее время.
- ▮ **Дивергенция** — расхождение признаков и свойств популяций в ходе эволюции вследствие различия условий существования и возникновения неодинаковых приспособительных изменений.
- ▮ **Конвергенция** — в целом независимое развитие сходных признаков у разных групп организмов, существующих в одинаковых условиях.
- ▮ **Закон зародышевого сходства:** на начальных этапах эмбрионального развития зародыши животных разных видов сходны по своему строению.
- ▮ **Биогенетический закон:** онтогенез является кратким повторением филогенеза.
- ▮ **Эволюционная теория Ч. Дарвина:** виды возникают и изменяются вследствие естественного отбора в ходе борьбы за существование особей с удачными комбинациями признаков, возникшими вследствие наследственной изменчивости.

Объяснение и важные примеры

Доказательства эволюции. В разных областях биологии ещё до Ч. Дарвина и после публикации его теории эволюции был получен целый ряд свидетельств, подтверждающих её. Эти свидетельства называют *доказательствами эволюции*.

Палеонтологические доказательства основываются на изучении ископаемых останков организмов. Наличие в древних породах более

простых организмов, чем в позднейших слоях, и то, что виды, встречающиеся на одном уровне, исчезают на другом, считают одним из самых значимых доказательств эволюции и объясняют возникновением и вымиранием видов в соответствующие эпохи вследствие изменения условий окружающей среды. Наиболее значимыми среди палеонтологических доказательств считаются *переходные формы*, например, кистепёрые рыбы и археоптерикс. На основе изучения рядов ископаемых форм, последовательно связанных между собой в процессе эволюции не только общими, но и частными чертами строения, строят *филогенетические ряды*, например филогенетический ряд лошади.

Биогеографические доказательства основываются на закономерностях распространения и распределения по поверхности нашей планеты видов и более крупных групп организмов, а также их сообществ в результате геологических преобразований, миграций и под действием условий окружающей среды. К важнейшим из них относят *реликтов* и *эндемиков*. Так, во флоре и фауне Австралии более 80 % *эндемичных видов*, но уникальный местный вид двоякодышащих рыб имеет «родственников» в Южной Америке и Африке. *Реликтами*, или «живыми ископаемыми» являются гинкго, секвойя, кистепёрая рыба латимерия.

Сравнительно-анатомические доказательства основаны на единстве происхождения разных групп живых организмов. К ним относят сходство клеток всех живых организмов, единый план строения позвоночных, *гомологичные* и *аналогичные органы*, *рудименты* и *атавизмы*. Примерами *гомологичных органов* являются передняя конечность пресмыкающегося и крыло птицы (рис. 200), колючка боярышника и клубень картофеля.

Если гомологичные органы являются свидетельством в пользу родства организмов и *дивергенции* в процессе эволюции, то аналогичные органы, наоборот, относятся к примерам *конвергенции* и подтверждают тот факт, что окружающая среда накладывает значительный отпечаток на организм (рис. 201). *Аналогами* являются крылья насекомых и птиц, глаза позвоночных и головоногих (кальмаров, осьминогов), членистые конечности членистоногих и наземных позвоночных.

Нефункционирующие длительное время органы в процессе эволюции превращаются в рудиментарные (*рудименты*). К ним относят малую берцовую кость у птиц, волосяной покров, копчик и червеобразный отросток (аппендикс) у человека и др.

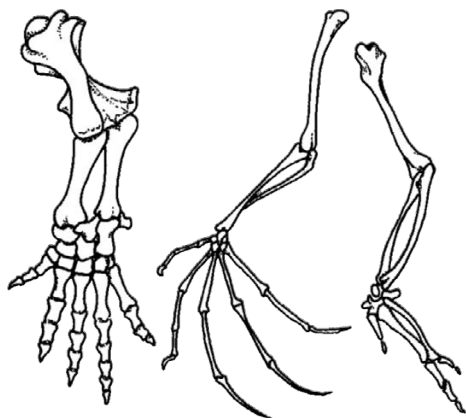


Рис. 201. Гомологичные органы

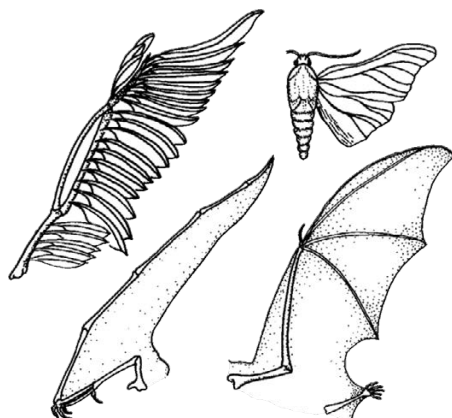


Рис. 202. Аналогичные органы

У отдельных особей вида могут включаться не работавшие у ближайших предков гены, вследствие чего проявляются признаки, считавшиеся утраченными, или *атавизмы*, например трёхпалость у современных лошадей, развитие дополнительных пар молочных желёз, хвоста или избыточность волосяного покрова на всём теле человека.

Сравнительно-эмбриологические доказательства. Изучая эмбриональное развитие у представителей разных групп позвоночных, К. Бэр обнаружил их поразительное структурное единство, особенно на ранних стадиях развития, что привело к формулировке *закона зародышевого сходства*. Позднее Ф. Мюллер и Э. Геккель сформулировали *биогенетический закон*: стадии, которые организм проходит в процессе своего индивидуального развития, повторяют историческое развитие той группы, к которой он принадлежит (рис. 202). Однако биогенетический закон обладает целым рядом ограничений, и поэтому русский учёный



Рис. 203. Стадии эмбрионального развития представителей различных классов позвоночных

А. Н. Северцов существенно ограничил область его применения повторением в онтогенезе исключительно особенностей зародышевых стадий развития предковых форм.

Сравнительно-биохимические доказательства основываются на биохимической гомологии первичной структуры белков и нуклеиновых кислот, особенно рРНК. Так, у человека и шимпанзе одинаковы белки групп крови АВ0 и резус, многие ферменты, а аминокислотные последовательности цепей гемоглобина имеют всего 1,6 % различий, тогда как даже с другими обезьянами они намного больше.

Основные положения теории эволюции Ч. Дарвина. Основные положения теории эволюции были доложены Ч. Дарвином в 1859 году на заседании Лондонского Королевского общества, а впоследствии развиты в книгах «Происхождение видов путём естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859), «Изменение домашних животных и культурных растений» (1868), «Происхождение человека и половой отбор» (1871), «Выражение эмоций у человека и животных» (1872) и др.

Сущность разработанной Ч. Дарвином концепции эволюции можно свести к ряду вытекающих друг из друга положений, имеющих соответствующие доказательства:

1. Особи, составляющие любую популяцию, производят гораздо больше потомков, нежели это необходимо для поддержания численности популяции.

2. В связи с тем что жизненные ресурсы для любого вида живых организмов ограничены, между ними неизбежно возникает борьба за существование.

3. Следствием борьбы за существование является естественный отбор, который во многом аналогичен искусственному.

4. Материалом для эволюции служат различия организмов, возникающие вследствие их изменчивости: неопределённой (индивидуальной) и определённой (групповой).

5. Естественный отбор в конечном итоге приводит к расхождению признаков отдельных изолированных разновидностей — дивергенции и к образованию новых видов.

Теория эволюции Ч. Дарвина постулировала процесс возникновения и развития видов и вскрыла механизм эволюции, который зиждется на принципе естественного отбора.

Значение теории эволюции в формировании современной естественнонаучной картины мира. Вклад эволюционной теории в развитие биологии и других естественных наук трудно переоценить,

так как она впервые объяснила условия, причины, механизмы и результаты исторического развития жизни на нашей планете, то есть дала материалистическое объяснение развития органического мира. Кроме того, теория естественного отбора явилась первой подлинно научной теорией биологической эволюции, так как при её создании Ч. Дарвин не опирался на умозрительные построения, а исходил из собственных наблюдений, ориентировался на реальные свойства живых организмов и собранные доказательства. Также она обогатила биологический инструментарий историческим методом.

Формулировка эволюционной теории не только вызвала бурную научную дискуссию, но и дала толчок развитию таких наук, как общая биология, генетика, селекция, антропология и целый ряд других. В связи с этим нельзя не согласиться с утверждением, что теория эволюции увенчала собой очередной этап развития биологии и стала отправной точкой для её прогресса в XX веке.

Типовые задания



К биогеографическим доказательствам эволюции можно отнести

- 1) переходные формы
- 2) реликтовые виды
- 3) гомологичные органы
- 4) рудиментарные органы

► Ответ. 2.



В эволюционной теории Ч. Дарвина **не содержится** положений

- 1) об устранении естественным отбором наименее приспособленных особей
- 2) о конкуренции особей в популяции за ограниченные ресурсы
- 3) о мутациях как основном источнике изменчивости в процессе эволюции
- 4) о многообразии форм и размеров особей в популяции

► Ответ. 4.



Установите соответствие между органами и сравнительно-анатомическими доказательствами эволюции: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ОРГАНЫ

- А) рука человека и плавник дельфина
 Б) крыло птицы и крыло насекомого
 В) глаз позвоночного и глаз моллюска
 Г) корневище ландыша и клубень картофеля
 Д) колючка кактуса и усик гороха
 Е) жабры рака и жабры рыбы

СРАВНИТЕЛЬНО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

- 1) аналогичные органы
 2) гомологичные органы

Запишите выбранные **цифры** под соответствующими буквами.

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д	Е
2	1	1	2	2	1

6.3. СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Основные понятия и термины

- **Популяция** — группа особей одного вида, длительно проживающих обособленно от других групп особей того же вида, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.
- **Генофонд** — совокупность генов у особей популяции.
- **Элементарные факторы эволюции:** мутационный процесс, популяционные волны, изоляция, естественный отбор.
- **Популяционные волны, или волны жизни,** — периодические либо непериодические колебания численности организмов в природных популяциях под действием различных факторов.
- **Дрейф генов, или генетико-автоматические процессы,** — резкие ненаправленные изменения частот аллелей в популяции.
- **Поток генов** — перенос аллелей из одной популяции в другую в результате миграции.
- **Естественный отбор** — избирательное выживание и преимущественное размножение наиболее приспособленных особей и гибель наименее приспособленных.
- **Микроэволюция** — эволюционные преобразования, происходящие внутри вида на уровне популяций и приводящие к изменению генофонда популяций и вида в целом или даже к образованию новых видов.

- **Макроэволюция** — совокупность эволюционных процессов, которые приводят к возникновению надвидовых таксонов (родов, семейств, отрядов, классов и т. п.).
- **Мимикрия** — защитная имитация безопасным видом предостерегающей окраски ядовитого или опасного.

Объяснение и важные примеры

Возникновение синтетической теории эволюции. Вскоре после выхода в свет книги Ч. Дарвина «Происхождение видов путём естественного отбора» английский инженер Ф. Дженкин опубликовал принципиальное возражение против постепенного возникновения видов путём сохранения благоприятного признака под действием естественного отбора. Опираясь на представления о неделимости наследственности родителей и её смешении у потомков, он утверждал, что возникший у особи благоприятный признак будет постепенно «разбавляться» при скрещивании и в конечном счёте исчезнет совсем. Не найдя доводов для опровержения данного утверждения, Ч. Дарвин был вынужден скорректировать ряд положений своей теории.

Преодолеть кризис дарвинизма удалось благодаря открытиям в области генетики и экологии. Важнейшими из них в области генетики явились открытие Г. Менделем закономерностей независимого наследования и делимости наследственности, формулировка Т. Морганом и сотрудниками хромосомной теории наследственности и исследование Г. Де Фризом природы мутаций.

Однако решающую роль сыграли исследования выдающихся отечественных и зарубежных биологов: Н. В. Тимофеева-Ресовского, Ф. Г. Добржанского, И. И. Шмальгаузена, Н. И. Вавилова, Р. Фишера, Дж. Холдейна, С. Райта, Э. Майра, Дж. Хаксли и особенно С. С. Четверикова.

Исследования С. С. Четверикова. С. С. Четвериков (1880–1959) установил, что природные популяции плодовой мушки дрозофилы несут множество рецессивных мутаций в гетерозиготной форме, не нарушающих фенотипического единообразия. Большинство этих мутаций являются неблагоприятными для организма и создают так называемый *генетический груз*, снижающий приспособленность популяции в целом к среде обитания. Некоторые мутации, не имеющие приспособительного значения в данный момент развития вида, могут приобрести определённую ценность впоследствии, благодаря чему являются резервом наследственной изменчивости. Распространение

таких мутаций среди особей популяции вследствие последовательных свободных скрещиваний может привести в конечном итоге к их переходу в гомозиготное состояние и проявлению в фенотипе. Если данное состояние признака является приспособительным, то через несколько поколений оно полностью вытеснит из популяции менее соответствующий данным условиям доминантный признак вместе с его носителями. Таким образом, вследствие подобных эволюционных изменений сохраняется только рецессивный мутантный аллель, а её доминантный аллель исчезает.

Изменения *генофонда* популяции могут быть ненаправленными и направленными. Первые вызываются миграциями и воздействиями факторов среды, приводящими к изменению численности особей в популяции, или *популяционным волнам*, и *дрейфу генов* в малых популяциях. Вторые происходят вследствие естественного отбора, способствующего накоплению в популяции «полезных» в данных условиях генов и снижению частот других.

С. С. Четвериков чётко осознавал, что естественный отбор не просто устраняет отдельные менее удачные признаки и, соответственно, кодирующие их аллели, но и действует на весь комплекс генов, влияющих на проявление определённого гена в фенотипе, или на генотипическую среду. В качестве генотипической среды в настоящее время рассматривается весь генотип как совокупность генов, которая способна усиливать или ослаблять проявление конкретных аллелей.

Синтетическая теория эволюции. Вскрывающая глубинные механизмы процесса эволюции синтетическая теория эволюции оформилась в начале 40-х годов XX века на стыке нескольких биологических наук. Её дальнейшее развитие связано с успехами молекулярной биологии, биохимии, математического моделирования.

Основные положения синтетической теории эволюции:

1. Материалом эволюции является наследственная изменчивость (мутационная и комбинативная) у особей популяции.

2. Единицей эволюции является *популяция*, в которой происходят все эволюционные изменения.

3. Элементарное эволюционное явление — изменение генетической структуры популяции.

4. Элементарные факторы эволюции — *мутационный процесс*, *популяционные волны*, *изоляция* — имеют ненаправленный, случайный характер.

5. Единственным направленным фактором эволюции является *естественный отбор*, который носит творческий характер.

6. Эволюция имеет дивергентный характер, то есть один таксон может дать начало нескольким новым таксонам, тогда как каждый вид имеет только одного предка (вид, популяцию).

7. Эволюция имеет постепенный и продолжительный характер. Видообразование как этап эволюционного процесса является последовательной сменой одной популяции чередой других временных популяций.

8. Различают два вида эволюционного процесса: *микроэволюцию* и *макроэволюцию*. Макроэволюция не имеет своих особых механизмов и осуществляется только благодаря микроэволюционным механизмам.

9. Любая систематическая группа может или процветать (биологический прогресс), или вымирать (биологический регресс). Биологический прогресс достигается благодаря изменениям в строении организмов: ароморфозам, идиоадаптациям или общей дегенерации.

10. Основными закономерностями эволюции являются её необратимый характер, прогрессивное усложнение форм жизни и развитие приспособленности видов к среде обитания. Вместе с тем эволюция не имеет конечной цели, то есть этот процесс ненаправленный.

Результаты эволюции. В процессе эволюции возникают видовое разнообразие и приспособленность к среде обитания. Выделяют следующие *формы приспособленности* к среде обитания: покровительственная окраска (хамелеон, осьминог, камбала), маскировка (заяц-беляк, похожие на сучки насекомые-палочники), *мимикрия* (похожие на божьих коровок тараканы), предупреждающая окраска (божья коровка, осы), забота о потомстве, приспособление к экстремальным условиям среды.

Однако организм не может быть полностью приспособленным ко всем условиям в течение всей жизни на Земле. Многие адаптации являются целесообразными только в конкретной среде обитания и бесполезны в другой среде.

Согласно современным данным на Земле насчитывается свыше 2 млн видов живых организмов, большая часть из которых (приблизительно 1,5 млн видов) относится к царству животных, около 400 тыс. — к царству растений, свыше 100 тыс. — к царству грибов, а остальные — к бактериям.

Такое поразительное разнообразие является результатом дивергенции видов по множеству признаков. Например, один из наибольших родов растений, относящийся к семейству Орхидные, — дендробиум — включает свыше 1 400 видов, а род жуков-калоедов — свыше 1 600 видов.

Типовые задания



В качестве единицы жизни, для которой биологическая эволюция действительно имеет место, обычно рассматривается

- 1) адаптивный признак особи
- 2) целостный организм
- 3) популяция
- 4) биологический вид

► Ответ. 3.



Что из перечисленного относят к результатам эволюции?

- 1) естественный отбор
- 2) колебания численности особей в популяциях
- 3) видовое разнообразие
- 4) наследственную изменчивость

► Ответ. 3.



Выберите три верных ответа из шести и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

Ненаправленными факторами эволюции являются

- 1) мутагенез
- 2) приспособленность к среде обитания
- 3) изоляция
- 4) видовое разнообразие
- 5) естественный отбор
- 6) волны жизни

► Ответ. 136.

6.4. ФАКТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ

Основные понятия и термины

- **Формы естественного отбора:** стабилизирующий, движущий, разрывающий.
- **Борьба за существование** — совокупность взаимоотношений между особями своего и других видов, а также с абиотическими факторами окружающей среды.
- **Формы борьбы за существование:** внутривидовая, межвидовая и взаимодействие с факторами окружающей среды.

Объяснение и важные примеры

Наследственная изменчивость. Мутационная и комбинативная изменчивость являются материалом для эволюции. Мутационный процесс поддерживает генетическую неоднородность популяции за счёт возникновения новых вариантов генов.

Комбинативная изменчивость также вносит свой вклад в эволюционные процессы, обеспечивая возникновение новых вариантов объединения генов в генотипе.

Популяционные волны. Колебания численности организмов в природных популяциях, которая у некоторых видов (насекомые, рыбы и др.) может изменяться в десятки и сотни раз — *популяционные волны*, или *волны жизни*, нередко приводят к обеднению генного состава. Увеличение или уменьшение численности особей в популяциях может быть как *периодическим*, так и *непериодическим*.

Вместе с миграциями популяционные волны могут вызывать *дрейф генов*.

Естественный отбор. Этот фактор эволюции влияет не на отдельный признак (или ген), а на весь фенотип, который формируется вследствие взаимодействия генотипа с факторами окружающей среды. В настоящее время различают несколько форм естественного отбора: стабилизирующий, движущий и разрывающий (рис. 203).

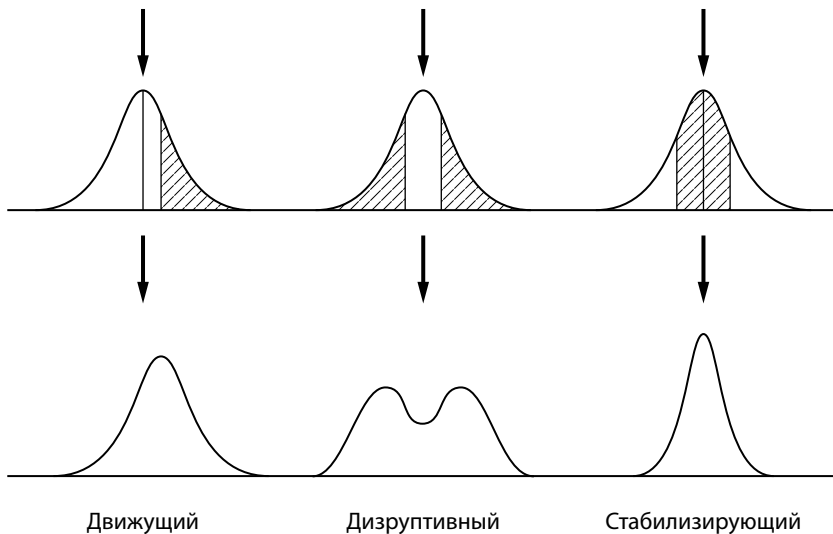


Рис. 204. Формы естественного отбора

Стабилизирующий отбор направлен на закрепление узкой нормы реакции, которая оказалась наиболее благоприятной при данных

условиях существования (относительно постоянная температура тела теплокровных животных, гинкго двулопастный, латимерия).

Движущий отбор возникает в ответ на изменения условий среды, в результате чего сохраняются мутации, отклоняющиеся от среднего значения признака, тогда как господствовавшая ранее форма подвергается уничтожению, поскольку недостаточно отвечает новым условиям существования (индустриальный меланизм бабочки берёзовой пяденицы в Англии).

Разрывающий, или дизруптивный, отбор благоприятствует сохранению крайних вариантов признака и удаляет промежуточные (устойчивые к ядохимикатам группы насекомых).

Естественный отбор происходит на различных уровнях, в связи с чем различают также индивидуальный, групповой и половой отбор.

Индивидуальный отбор устраняет менее приспособленные особи от участия в размножении, тогда как *групповой* направлен на сохранение признака, полезного не отдельной особи, а группе в целом.

Половой отбор осуществляется внутри одного пола. Он способствует выработке признаков, которые позволяют оставить больше всего потомство. Благодаря этой форме естественного отбора развился половой диморфизм, выражающийся в величине и окраске хвоста у павлинов, рогов у оленей и т. д.

Естественный отбор выполняет функцию своеобразного «сита», которое сортирует генотипы по степени приспособленности. Однако, ещё Ч. Дарвин подчёркивал, что отбор не только и не столько направлен на сохранение исключительно наилучших, а на удаление наихудших, то есть он позволяет сохранить многовариантность. Естественный отбор обеспечивает размножение приспособленных генотипов и, таким образом, определяет направление эволюции, последовательно слагая случайные и многочисленные уклонения.

Он не имеет определённой цели: на основе одного и того же материала (наследственной изменчивости) в различных условиях могут быть получены неодинаковые результаты.

Платой за отбор является возникновение *генетического груза*, то есть накопление в популяции мутаций, которые со временем могут стать преобладающими вследствие внезапной гибели большей части особей или миграции их небольшого количества — *дрейфа генов*.

Под давлением естественного отбора формируется не только разнообразие видов, но и повышается их уровень организации, в том числе происходит их усложнение или специализация. Однако, в отличие от искусственного отбора, осуществляемого человеком только

на хозяйственно ценные признаки зачастую в ущерб приспособительным свойствам, естественный отбор не может способствовать этому, поскольку ни одно приспособление в природе не может компенсировать вред от снижения жизнеспособности популяции.

Борьба за существование. Естественный отбор является результатом *борьбы за существование* на основе наследственной изменчивости. Борьба за существование определяет успех или неудачу определённой особи в выживании и оставлении потомства. Причиной борьбы за существование является появление избыточного числа особей по отношению к доступным ресурсам.

Внутривидовая борьба происходит между особями одного вида. Она может быть не только прямой (за пищу, места размножения, территорию), но и косвенной (по устойчивости к паразитам, хищникам и другим неблагоприятным факторам). Даже взаимопомощь внутри вида нельзя сбрасывать со счетов, поскольку образование стай или семей возводит эту борьбу в ранг борьбы между родственными группами. Внутривидовая борьба является наиболее острой.

Межвидовая борьба подразумевает взаимоотношения между особями разных видов. При этом помимо конкуренции за пищу, территорию и другие ресурсы возможны и другие формы взаимодействия (паразитизм, хищничество, мутуализм).

Взаимодействие с факторами окружающей среды также может приводить к гибели подавляющего большинства особей, например у насекомых, лишь незначительная часть которых переживает зиму.

Взаимосвязь движущих сил эволюции. Эволюция не может быть связана с действием какого-либо одного фактора. Мутационный процесс и поток генов создают изменчивость, а естественный отбор и дрейф генов сортируют её. То есть факторы, создающие изменчивость, запускают процесс микроэволюции, а сортирующие изменчивость продолжают её, приводя к установлению новых частот вариантов.

Типовые задания



Вытеснение завезённой из Северной Америки серой крысой европейского вида чёрной крысы из её собственного ареала является результатом

- 1) потока генов
- 2) борьбы с неблагоприятными условиями среды
- 3) внутривидовой борьбы за существование
- 4) межвидовой борьбы за существование

► Ответ. 4.

ОГЭ

Разрывающий отбор способствует

- 1) закреплению узкой нормы реакции
- 2) сохранению мутаций, которые отклоняются от среднего значения признака и частичного уничтожения последнего
- 3) сохранению всех мутаций
- 4) сохранению крайних вариантов признака и ликвидации промежуточных форм

► Ответ. 4.

ЕГЭ

Найдите три ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их.

- (1) Естественный отбор всегда ведёт к увеличению средней приспособленности популяций.
- (2) Изменение внешних условий сохраняет приспособленность отдельных генотипов.
- (3) Движущая форма естественного отбора играет решающую роль в приспособлении живых организмов к меняющимся во времени внешним условиям.
- (4) Она же обеспечивает широкое распространение жизни, её проникновение во все возможные экологические ниши.
- (5) Стабилизирующий отбор сохраняет то состояние популяции, которое обеспечивает её максимальную приспособленность в постоянных условиях существования.
- (6) В каждом поколении стабилизирующий отбор сохраняет особей, отклоняющиеся от среднего оптимального значения по приспособительным признакам.
- (7) Стабилизирующий отбор не адаптирует популяции к сезонным изменениям.

► Ответ. 267.

6.5. ВИД. ВИДООБРАЗОВАНИЕ

Основные понятия и термины

- **Вид** — совокупность особей, сходных по строению и особенностям процессов жизнедеятельности, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой в природе и дающих плодовитое потомство, распространённая в пределах одного *ареала*.
- **Ареал** — географическая область распространения определённого вида, рода и др.
- **Критерии вида:** морфологический, физиологический, биохимический, экологический, географический, генетический.

- ▮ **Подвид** — большая популяция или группа соседних популяций, которые имеют стойкие морфологические отличия от других популяций.
- ▮ **Видообразование** — процесс формирования новых видов.
- ▮ **Способы видообразования:** аллопатрическое и симпатрическое.
- ▮ **Изоляция** — возникновение любых барьеров (географических, экологических, поведенческих, репродуктивных и др.), затрудняющих и делающих невозможным скрещивание особей различных популяций вследствие миграций (потока генов).

Объяснение и важные примеры

Вид. Критерии вида. Основатель современной систематики К. Линней рассматривал вид как группу сходных между собой по морфологическим признакам организмов, которые свободно скрещиваются между собой. По мере развития биологии были получены свидетельства того, что различия между видами намного глубже, то есть вид является наименьшей группой организмов, отражающей их близкое родство. К тому же виды не существуют вечно — они возникают, развиваются, дают начало новым видам и исчезают. Признаки сходства особей одного вида называют *критериями вида*.

Морфологический критерий — это совокупность внешних и внутренних признаков организмов одного вида. Однако, с помощью одних только морфологических черт часто очень трудно различить близкородственные виды, например виды-двойники — домовую и курганчиковую мышей.

Физиологический критерий подразумевает сходство процессов жизнедеятельности у организмов, в первую очередь размножения. Он также не является универсальным, поскольку некоторые виды в природе скрещиваются и дают плодовитое потомство.

Биохимический критерий заключается в сходстве химического состава и протекания процессов обмена веществ. В настоящее время особенности строения и состава биополимеров (ДНК, РНК и белков) помогают идентифицировать виды даже на молекулярном уровне и устанавливать степень их родства.

Экологический критерий позволяет различать виды по их принадлежности к определённым экосистемам и экологическим нишам, которые они занимают, хотя многие неродственные виды занимают сходные экологические ниши.

Географический критерий подразумевает, что популяции каждого вида занимают определённый *ареал*, который отличается от ареалов всех остальных видов. Вместе с тем у множества видов границы ареалов совпадают, а также имеется ряд видов-космополитов, ареал которых охватывает огромные пространства.

Генетический критерий основывается на постоянстве признаков хромосомного набора — кариотипа — и нуклеотидного состава ДНК у особей одного вида. В связи с тем что негомологичные хромосомы не могут конъюгировать во время мейоза, потомство от скрещивания особей разных видов с неодинаковым набором хромосом либо не появляется вовсе, либо не плодотворно. Генетический критерий является основным в системе критериев вида, но также не исчерпывающим.

При всей сложности системы критериев вид нельзя представить как группу абсолютно идентичных по всем параметрам организмов, то есть клонов. Наоборот, для многих видов характерно значительное разнообразие даже внешних признаков, как, например, у популяций одного вида божьих коровок в окраске может преобладать красный, а у других — чёрный цвет.

Популяция — структурная единица вида и элементарная единица эволюции. В реальности особи одного вида неравномерно распределены по земной поверхности в пределах *ареала*, например, лягушка озёрная обитает в основном в достаточно редких стоячих пресных водоёмах и вряд ли будет встречаться в полях и лесах. Виды в природе чаще всего распадаются на отдельные группы, приуроченные к подходящим по совокупности условий местам обитания — *популяции*. Существуют виды, состоящие из одной или множества популяций, последние даже могут объединяться в *подвиды*.

Популяции могут быть разделены не только пространственно, они могут обитать даже на одной территории, но иметь различия в пищевых предпочтениях, сроках размножения и т. д. (рис. 204).

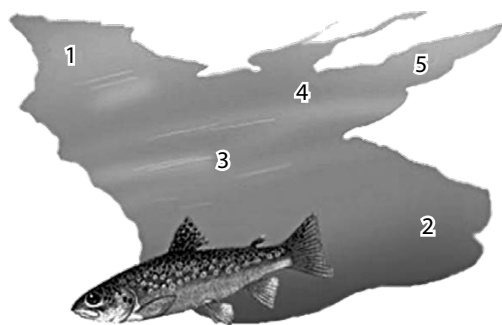


Рис. 205. Популяции севанской форели (1–5)

Популяции одного вида неоднородны по занимаемой площади, численности, плотности и пространственному размещению особей, часто образующих более мелкие группы — семьи, стаи, стада и пр., полу, возрасту, генофонду и другим признакам, поэтому различают их размерную, возрастную, половую, пространственную, генетическую, этологическую и другую структуру, а также динамику.

Важной характеристикой популяции является *генофонд*. В двух различных точках ареала эволюционные факторы никогда не бывают полностью идентичными, поэтому и изменения даже в двух соседних популяциях может иметь разное направление и протекать с различной скоростью. Если популяции при этом ещё и изолированы друг от друга, то они могут давать начало новым видам. Таким образом, популяции как наименьшие структурные единицы вида, накапливающие разнообразие случайных изменений, худшие из которых будут отсеяны, соответствуют этому условию и являются элементарными единицами эволюции.

Микроэволюция. Постоянные изменения генофонда популяции под действием эволюционных факторов приводят к мелким эволюционным изменениям внутри самой популяции на протяжении нескольких поколений, а достаточно крупные изменения — и к образованию новых видов и даже таксонов более высокого ранга. Новый вид является промежуточным результатом эволюции, но не её итогом, поскольку микроэволюция никогда не останавливается. Микроэволюция неразрывно связана с макроэволюцией.

Изоляция. Любые изменения генетической структуры популяции должны быть закреплены *изоляциями*. Основными формами изоляции являются географическая и биологическая.

Географическая изоляция возникает в результате деления ареала физическими барьерами, например каньоном, или расширения ареала какого-нибудь вида с последующим вымиранием его популяций на промежуточных территориях.

Биологическая изоляция является следствием определённых расхождений организмов в пределах одного вида, которые каким-то образом предотвращают свободное скрещивание. Существует несколько разновидностей биологической изоляции: экологическая, сезонная, этологическая, морфологическая и генетическая.

Экологическая изоляция достигается благодаря разделению экологических ниш (например предпочтение определённых местообитаний или характера пищи, как у клёста-еловика и клёста-сосновика). *Сезонная* (временная) наблюдается в случае размножения особей одного вида в разные сроки (разные стада сельди). *Этологическая*

зависит от особенностей поведения (особенности ритуала ухаживания, окраска, «пение» самок и самцов из разных популяций). При *морфологической изоляции* препятствием к скрещиванию служат отличия в структуре органов размножения или даже размерах тела (пекинес и дог). *Генетическая изоляция* оказывает наибольшее влияние и проявляется в несовместимости половых клеток (гибель зиготы после оплодотворения), стерильности или сниженной жизнеспособности гибридов. Причинами этого являются особенности числа и формы хромосом, вследствие чего становится невозможным полноценное деление клеток (митоз и мейоз).

Нарушая свободное скрещивание между популяциями, изоляция тем самым закрепляет в них те различия, которые возникли на генотипическом уровне вследствие мутаций и колебаний численности. При этом каждая из популяций подвергается действию естественного отбора отдельно от другой, и это в конечном итоге приводит к дивергенции.

Видообразование. Основными способами видообразования являются аллопатрическое и симпатрическое.

Аллопатрическое, или *географическое*, видообразование является следствием пространственного разделения популяций физическими преградами (горные хребты, моря и реки) вследствие географической изоляции.

В основе *симпатрического*, или *биологического* видообразования лежит какая-либо из форм биологической изоляции, при этом новые виды возникают внутри ареала исходного вида. Обязательным условием симпатрического видообразования является быстрая изоляция образовавшихся форм. Это более быстрый процесс, чем аллопатрическое видообразование, а новые формы похожи на исходные предковые. Симпатрическое видообразование может быть вызвано быстрыми изменениями хромосомного набора (полиплоидизация), хромосомными перестройками, гибридизацией двух исходных видов, разделением экологических ниш у популяций одного вида в пределах единого ареала или сезонной изоляции — расхождения сроков репродукции у растений и сроков размножения у животных.

Это интересно!

Ежегодно, начиная с 2008 года, в день рождения великого шведского учёного Карла Линнея, создателя единой системы классификации растительного и животного мира, объявляется список самых интересных биологических видов, открытых в течение последнего года.

Методом секвенирования ДНК различных организмов из 35 000 мест планеты Земля доказано, что Землю населяет около триллиона различных видов живых организмов. Только один грамм почвы может содержать до миллиона организмов.

Генетический критерий вида — один из надёжнейших. Но встречаются различные виды, имеющие одинаковое число хромосом:

$2n = 2$ — малярийный плазмодий, лошадиная аскарида, вошь головная;

$2n = 12$ — шпинат, муха домовая;

$2n = 48$ — ясень, шимпанзе, таракан.

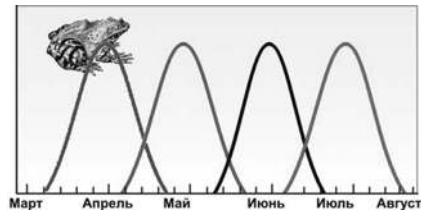
Типовые задания



К какому критерию следует отнести изображённые на рисунке особенности сроков размножения обитающих совместно видов лягушки?

- 1) физиологическому
- 2) экологическому
- 3) морфологическому
- 4) генетическому

► Ответ. 1.



Верны ли следующие суждения о видообразовании?

А. Аллопатрическое (географическое) видообразование происходит при географической изоляции между популяциями.

Б. Аллопатрическое (географическое) видообразование происходит вследствие резких отличий в окружающей среде внутри вида.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

► Ответ. 1.



Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания **генетического** критерия вида **Пшеница мягкая**. Запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- (1) Пшеница мягкая — вид однолетних травянистых растений рода Пшеница семейства Злаки.
- (2) Она является гексаплоидом.
- (3) В её кариотипе — 42 хромосомы.
- (4) Половые хромосомы у пшеницы, как и у большинства растений, отсутствуют.
- (5) Высота растений пшеницы — 40–100 см, редко до 150 см.

- (6) Соломина тонкая, узлы голые, листовая пластинка сначала мягкая и опушённая, затем становится жёсткой и голой.
(7) Соцветие — сложный колос.

► Ответ. 234.

6.6. МАКРОЭВОЛЮЦИЯ. НАПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Основные понятия и термины

- **Направления эволюции:** биологический прогресс, биологическая стабилизация и биологический регресс.
- **Биологический прогресс** — биологическое процветание систематической группы, связанное с увеличением численности популяций, расширением её ареала.
- **Биологическая стабилизация** — сохранение признаков данного вида как наиболее благоприятных в данном микроокружении.
- **Биологический регресс** — эволюционный упадок систематической группы: проявляется в снижении численности популяций, сужении ареалов.
- **Пути достижения биологического прогресса:** ароморфоз, идиоадаптации и дегенерация.
- **Ароморфоз** — крупное эволюционное преобразование строения и функций организма, которое повышает его уровень организации и открывает новые возможности для приспособления к разнообразным условиям существования.
- **Идиоадаптация** — частное морфофизиологическое приспособление к определённым условиям среды, полезное в борьбе за существование, но не изменяющее уровня организации.
- **Дегенерация** — упрощение организмов в процессе эволюции, которое сопровождается утратой определённых функций или органов.

Объяснение и важные примеры

Макроэволюция. Образование вида знаменует собой новый виток эволюционного процесса, поскольку особи возникающего вида, будучи более приспособленными к условиям среды, нежели особи материнского вида, постепенно расселяются на новые территории, и уже в его популяциях играют свою созидательную роль мутагенез,

популяционные волны, изоляция и естественный отбор. Со временем эти популяции дают начало новым видам, которые вследствие генетической изоляции имеют гораздо больше признаков сходства между собой, чем с видами того рода, от которого отпочковался вид-родоначальник, и, таким образом, возникает новый род, затем — новое семейство, отряд (порядок), класс и т. д. Совокупность эволюционных процессов, которые приводят к возникновению надвидовых таксонов, называется *макроэволюцией*. Макроэволюционные процессы по сути обобщают микроэволюционные изменения, происходящие в течение длительного времени, выявляя при этом основные тенденции, направления и закономерности эволюции органического мира, которые не поддаются наблюдению. До сих пор никаких специфических механизмов макроэволюции не выявлено, поэтому считается, что она осуществляется только посредством микроэволюционных процессов, однако эта позиция постоянно подвергается вполне обоснованной критике.

Возникновение сложной иерархической системы органического мира в значительной степени является результатом неодинаковой скорости эволюционирования различных групп организмов. Так, гинкго двулопастный «законсервировался» на тысячи лет, тогда как достаточно близкие к нему сосны существенно изменились за это время.

Направления эволюции. Пути достижения биологического прогресса. Анализируя историю органического мира, можно заметить, что в определённые промежутки времени господствовали отдельные группы организмов, которые затем исчезали вовсе. В связи с этим различают три магистральных направления эволюции: *биологический прогресс*, *биологический регресс* и *биологическая стабилизация*. Значительный вклад в разработку учения о направлениях и путях эволюции внесли русские эволюционисты А. Н. Северцов и И. И. Шмальгаузен.

В настоящее время *биологический прогресс* наблюдается у покрытосеменных растений, насекомых, костистых рыб и млекопитающих. По А. Н. Северцову, биологический прогресс может достигаться вследствие определённых морфофизиологических преобразований организмов: *ароморфоза*, *идеоадаптации* и *общей дегенерации* (рис. 205).

Примерами *ароморфозов* являются возникновение эукариотической клетки, многоклеточности, появление сердца у рыб и разделение его полной перегородкой у птиц и млекопитающих, формирование цветка у покрытосеменных и др.

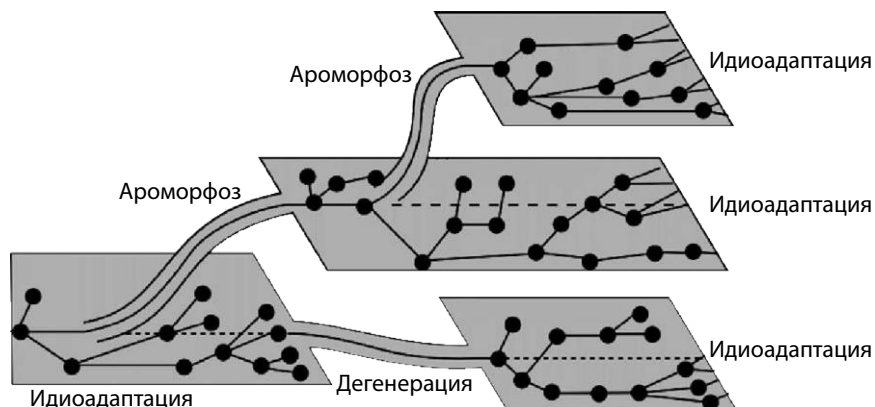


Рис. 206. Схема соотношений между ароморфозом, идиоадаптацией и дегенерацией

К *идиоадаптациям* относятся покровительственная окраска у животных, разнообразие ротовых аппаратов у насекомых, колючки растений и др.

Дегенерация большей частью характерна для паразитических организмов и животных, перешедших к прикрепленному способу жизни. Так, растение-паразит повилика европейская лишена хлорофилла, а её листья редуцированы до чешуек, питается же она за счёт поглощения питательных веществ из тела растения-хозяина с помощью специальных присосок.

Фаза биологического прогресса сменяется фазой биологической стабилизации.

Антиподом биологического прогресса является *биологический регресс*. Он проявляется в снижении численности популяций, сужении ареалов, уменьшении количества групп низшего ранга в составе высшего таксона. Группе организмов, которая пребывает в состоянии биологического регресса, угрожает вымирание. В истории органического мира можно увидеть много примеров такого явления, и в настоящее время регресс характерен для некоторых папоротников, амфибий и рептилий.

Причины биологического прогресса и регресса. В процессе эволюции планку естественного отбора преодолевают и, соответственно, прогрессируют только те группы организмов, у которых наследственная изменчивость создаёт достаточное количество комбинаций, обеспечивающих выживание группы в целом.

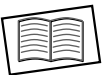
Те же группы, у которых по каким-то причинам не имеется такого резерва, в большинстве случаев обречены на вымирание. Зачастую это связано с незначительным давлением отбора на предыдущих

этапах эволюционного процесса, приведшим к узкой специализации группы или даже дегенеративным явлениям. Следствием этого является невозможность приспособиться к новым условиям среды при её резких изменениях. Ярким примером тому является внезапная гибель динозавров вследствие падения гигантского небесного тела на Землю 65 млн лет назад, что повлекло за собой землетрясение, поднятие в воздух миллионов тонн пыли, резкое похолодание, гибель большей части растений и растительноядных животных. В то же время предки современных млекопитающих, не имея узких предпочтений источников питания и будучи теплокровными, смогли пережить эти условия и занять на планете господствующее положение.

Основные ароморфозы растений и животных. Растительные и животные организмы, представляющие различные ветви эволюции органического мира, в процессе исторического развития независимо приобретали определённые черты строения, которые будут охарактеризованы далее.

У растений важнейшими из них являются переход от гаплоидности к диплоидности, независимость от воды процесса оплодотворения, переход от наружного оплодотворения к внутреннему и возникновение двойного оплодотворения, дифференцировка тела на органы, развитие проводящей системы, усложнение и совершенствование тканей, а также специализация опыления с помощью насекомых и распространения семян и плодов. Переход от гаплоидности к диплоидности сделал растения более устойчивыми к действию факторов окружающей среды вследствие снижения риска проявления рецессивных мутаций. По-видимому, это преобразование коснулось предков сосудистых растений, в число которых не входят моховидные, характеризующиеся преобладанием в жизненном цикле гаметофита. Главные ароморфозы в эволюции животных связаны с возникновением многоклеточности и большей дифференцировкой всех систем органов, возникновением прочного скелета, развитием центральной нервной системы, а также общественного поведения в различных группах высокоорганизованных животных, что дало толчок и прогрессу человека.

Типовые задания



Примером макроэволюционного процесса является

- 1) потемнение шерсти у мыши-полёвки
- 2) вылет роя пчёл

- 3) увеличение количества особей рода Одуванчик
 - 4) формирование нового рода бесхвостых земноводных
- Ответ. 4.

ОГЭ

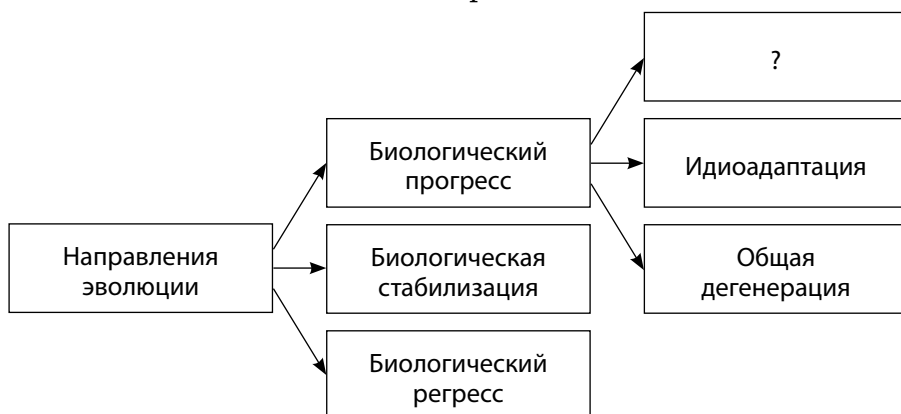
Сохранение «живыми ископаемыми», например кистепёрой рыбой латимерией, неизменного облика в течение миллионов лет возможно благодаря тому, что они находятся в стадии

- 1) биологического прогресса
- 2) биологической стабилизации
- 3) биологического регресса
- 4) биологической изоляции

► Ответ. 2.

ЕГЭ

Рассмотрите предложенную схему классификации направлений эволюции. Запишите в ответе пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.



► Ответ. Ароморфоз.

6.7. РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Основные понятия и термины

- **Геохронологическая шкала** — временная шкала, показывающая последовательность и время геологических событий и развития жизни на Земле.
- **Эра** — промежуток времени в геологической истории, являющийся подразделением эона и объединяющий периоды.

► **Руководящие ископаемые** — останки организмов, бывших многочисленными в определённые промежутки времени и хорошо сохранившиеся.

Объяснение и важные примеры

Историю органического мира на Земле изучают по сохранившимся остаткам, отпечаткам и другим следам жизнедеятельности живых организмов. Она является предметом науки *палеонтологии*. Исходя из того, что останки разных организмов в идеале расположены в различных пластах горных пород, была создана *геохронологическая шкала*, согласно которой историю Земли разделили на определённые промежутки времени: эоны, эры, периоды и века.

Эоном называют большой промежуток времени в геологической истории, объединяющий несколько *эр*. В настоящее время выделяют только два эоны: *криптозой* (скрытая жизнь), или *докембрий*, и *фанерозой* (явная жизнь). В криптозое следы живых организмов крайне редки из-за их небольших размеров и отсутствия у них скелетов, тогда как с началом фанерозоя они появляются в значительном количестве.

Эры, в свою очередь, делят на *периоды*. В криптозое выделяют две эры (архей и протерозой), тогда как в фанерозое — три (палеозой, мезозой и кайнозой) (табл. 12).

Важную роль в создании геохронологической шкалы сыграли *руководящие ископаемые*. Сначала границы между эрами и периодами в геохронологической шкале имели лишь относительный характер, основанный на последовательности их залегания и резкой смене флор и фаун вследствие массовых вымираний, однако после разработки методов абсолютного (радиоизотопного) датирования возраста горных пород — уран-свинцового, углеродного и калий-аргонового, которые основываются на скорости распада радиоактивных элементов, стало возможным конкретизировать их границы.

В течение четырёх миллиардов лет биосферу преобразовывали все живые организмы, однако около 10 тыс. лет назад стала доминирующей хозяйственная деятельность человека в умеренно тёплых областях земного шара, которая начала оказывать влияние как на облик планеты (распашка земель, выжигание лесов, перевыпас пастбищ, опустынивание и т. д.), так и на животный и растительный мир вследствие сокращения ареалов их обитания и истребления, и вступил в действие антропогенный фактор.

Геохронологическая

Эон	Эра	Период	Начало, млн лет назад	Продолжительность, млн лет
Фанерозой	Кайнозой	Антропоген (четвертичный)	2,6	2,6
		Неоген	23	20
		Палеоген	66	43
	Мезозой	Мел	145	79
		Юра	201	56
		Триас	252	51
	Палеозой	Пермь	299	47
		Карбон	359	60
		Девон	419	60
		Силур	443	25
		Ордовик	485	42
		Кембрий	541	56
Криптозой	Протерозой		2500	1959
	Архей		4000	1500

Таблица 12

таблица

Развитие жизни
Четыре ледниковых периода, сменявшихся потопами, привели к формированию холодоустойчивой флоры и фауны (мамонты, овцебыки, северные олени, лемминги). Обмен животными и растениями между материками вследствие возникновения сухопутных мостов. Доминирование плацентарных млекопитающих. Вымирание многих крупных млекопитающих. Становление человека как биологического вида и его расселение. Одомашнивание животных и окультуривание растений. Исчезновение многих видов живых организмов вследствие хозяйственной деятельности человека
Распространение злаковых. Формирование всех современных отрядов млекопитающих. Возникновение человекообразных обезьян
Доминирование цветковых растений, млекопитающих и птиц. Возникновение копытных, хищных, ластоногих, приматов и др.
Возникновение покрытосеменных растений. Расцвет динозавров. Млекопитающие и птицы становятся многочисленными
Эпоха рептилий и головоногих моллюсков. Возникновение сумчатых и плацентарных млекопитающих. Господство голосеменных
Первые млекопитающие и птицы. Рептилии многочисленны. Распространение травянистых споровых
Возникновение современных насекомых. Развитие рептилий. Вымирание ряда групп беспозвоночных. Распространение хвойных
Преобладают плауны и хвощи. Первые рептилии. Возникновение крылатых насекомых
Возникновение основных групп высших споровых, первых голосеменных. Выход позвоночных (амфибии) на сушу. Расцвет рыб
Обильны водоросли. Первые наземные животные (скорпионы). Обычны рыбы и ракоскорпионы
Расцвет зелёных и красных водорослей. Выход растений на сушу. Обильны кораллы, трилобиты и иглокожие
Возникновение скелетов. Появление членистоногих, иглокожих, моллюсков и хордовых. Расцвет трилобитов. Появление рыб
Возникновение эукариот (растений, животных и грибов) и многоклеточности. Распространены в основном одноклеточные зелёные водоросли. Вспышка разнообразия многоклеточных животных (возникновение всех типов беспозвоночных)
Первые следы жизни на Земле — бактерии и цианобактерии. Возникновение фотосинтеза

Типовые задания

Останки каких организмов встречаются в самых глубоких отложениях?

- | | |
|--------------|-----------|
| 1) насекомых | 3) пауков |
| 2) кораллов | 4) птиц |

► Ответ. 2.



При использовании изображённого на рисунке объекта (отпечаток) в качестве доказательства эволюции следует привлечь данные науки

- | | |
|------------------|-------------|
| 1) цитологии | 3) биохимии |
| 2) палеонтологии | 4) генетики |

► Ответ. 2.



Найдите три ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их.

Кайнозойская эра

(1) В антропогене постепенно вымирают или резко сокращают свои ареалы теплолюбивые формы; сокращаются площади лесов и расширяются травянистые степные пространства; возникают тундровые и арктические ассоциации. (2) Ароморфозы особенно проявляются среди млекопитающих и человека. (3) Появляются теплолюбивые формы: овцебык, северный олень. (4) В южных зонах вымирают слоны, лошади, ослы, носороги. (5) Появление человека — наиболее важная особенность четвертичного периода кайнозойской эры. (6) К концу кайнозойской эры деятельность человека становится ведущим факторов преобразования биосферы. (7) Приручение животных человеком произошло в неогене.

► Ответ. 347.

6.8. ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА

Основные понятия и термины

- **Антропогенез** — процесс становления человека как вида в ходе эволюции.
- **Факторы эволюции человека:** биологические и социальные.

- **Социальная среда** — окружающие человека общественные материальные и духовные условия его существования и деятельности.
- **Гипотезы происхождения человека:** моноцентризма и полицентризма.
- **Раса** — группа людей, объединённых общностью признаков (цветом кожи, чертами лица, характером волос, некоторыми биохимическими особенностями).
- **Основные расы человека:** австрало-негроидная, европеоидная, монголоидная.

Объяснение и важные примеры

Развитие представлений о происхождении человека. Мысли об эволюционном происхождении человека высказывали ещё античные философы, а великий шведский систематик К. Линней в XVIII веке по совокупности признаков дал ему видовое название *Homo sapiens* L. (Человек разумный) и отнёс его вместе с обезьянами к одному отряду — Приматы.

Ж.-Б. Ламарк считал, что человек имел общих предков с современными обезьянами, однако в какой-то момент своей истории он спустился с дерева, что и послужило одной из причин становления человека как вида.

Ч. Дарвин в 70-е годы XIX века опубликовал труды «Происхождение человека и половой отбор» и «О выражении эмоций у животных и человека», в которых привёл убедительные доказательства общности происхождения человека и обезьян.

Происхождение и развитие человека как биологического вида, разнообразие популяций современного человека и закономерности их взаимодействия изучает наука *антропология*.

Место человека в системе органического мира.

Царство	животных
Подцарство	многоклеточных
Тип	хордовых
Подтип	позвоночных
Класс	млекопитающих
Подкласс	плацентарных
Отряд	приматов
Подотряд	высших приматов, или обезьян
Семейство	гоминидов
Род	Человек
Вид	Человек разумный (<i>Homo sapiens</i> L.)
Подвид	<i>H. sapiens sapiens</i>

Гипотезы происхождения человека. В настоящее время рассматриваются две группы гипотез происхождения человека: гипотезы *полицентризма* (появление и параллельная эволюция современного вида человека сразу в нескольких районах земного шара от разных форм древнего или даже древнейшего человека) и *моноцентризма* (единого происхождения современного человека). Последние имеют намного больше доказательств, особенно гипотеза африканского происхождения человека.

Движущие силы эволюции человека. В отличие от других представителей животного мира, человек в процессе своей эволюции испытывал действие не только *биологических факторов* эволюции, но и *социальных*, что способствовало возникновению вида качественно новых существ с *биосоциальными свойствами*. Биологические факторы эволюции не утратили своего значения, лишь вследствие отсутствия изоляции естественный отбор играет в основном стабилизирующую роль.

К социальным факторам эволюции следует отнести общественный образ жизни, трудовую деятельность человека, абстрактное мышление и членораздельную речь. Они обусловили прорыв в принципиально новую адаптивную среду, которая давала огромные преимущества для выживания популяций человека и резко ускоряла темпы его эволюции.

Эти две группы факторов тесно связаны между собой. Например, развитие речи способствовало формированию подбородочного выступа, а трудовая деятельность — руки.

Этапы эволюции человека. Вероятнее всего, общим предком человека и человекообразных обезьян были *парапитек* (около 35 млн лет назад), а затем *дриопитек* (ок. 12–9 млн лет назад), уже способный передвигаться и на двух ногах, а в руках переносить пищу.

Собственно *антропогенез* можно разделить на четыре стадии:

I. Предшественники человека — *австралопитековые*.

II. Древнейшие люди — *архантропы* (человек умелый и человек выпрямленный).

III. Древние люди — *палеоантропы* (неандертальцы).

IV. Люди современного типа — *неоантропы* (кроманьонцы и ныне живущие).

От общих предков с дриопитеками, по-видимому, произошли *австралопитековые*, к которым относятся ардипитеки, австралопитеки и др. *Ардипитеки* (свыше 4 млн лет назад) передвигались уже исключительно на двух ногах в саваннах Африки. Возможно, они дали начало роду австралопитеков.

Австралопитеки («южная обезьяна») появились около 4 млн лет назад. Они жили стадами, периодически использовали подручные предметы в качестве орудия труда, но не изготавливали их. Прямохождение, увеличение объёма головного мозга до 500 см^3 позволяет считать их звеном в эволюции человека. Одна из их ветвей дала начало людям.

Первые представители рода Человек (2,4–1,5 млн лет назад) принадлежали к виду *Человек умелый* и были невысокими существами (около 1,5 м) с объёмом мозга приблизительно 670 см^3 , которые использовали грубые галечные орудия. По-видимому, у них была развита мимика и имелась зачаточная речь.

Человек выпрямленный (1,6–0,1 млн лет назад) сформировался в Африке и быстро расселился на огромных территориях в Азии и Европе. Его останки с разных континентов описаны как *питекантроп*, *синантроп*, *гейдельбергский человек* и др. Человек выпрямленный отличался низким лбом, большими надбровными дугами и скошенным назад подбородком, объём его мозга составлял $900\text{--}1200 \text{ см}^3$. Туловище и конечности человека выпрямленного напоминали таковые у современного человека. Представители этого рода пользовались огнём и изготавливали обоюдоострые рубила.

Около 200 тыс. лет назад от гейдельбергского человека произошёл *неандертальский человек*, которого относят к палеоантропам, жившим в Европе и Западной Азии примерно до 28 тыс. лет назад, в том числе в эпохи оледенений. Это были крепкие, физически достаточно сильные и выносливые люди с большим объёмом мозга. Они имели членораздельную речь, изготавливали сложные орудия и одежду, хоронили своих умерших и, возможно, имели даже некоторые зачатки искусства. По-видимому, неандертальцы не были предками человека разумного.

Самая древняя находка представителя *человека разумного* обнаружена в Африке и имеет возраст 195 тыс. лет. Скорее всего, предками современного человека являются не неандертальцы, а представители архантропов, например *гейдельбергский человек*. От других видов человек разумный отличается более пропорциональным телосложением, более высокой скоростью размножения, агрессивностью и, конечно, самым сложным поведением. Людей современного типа, которые населяли Европу 40 тыс. лет назад, называют *кроманьонцами* и относят к *неоантропам*. Они биологически не отличались от современных людей: рост 170–180 см, объём мозга около 1600 см^3 . У кроманьонцев появились искусство и религия, они одомашнили

многие виды диких животных и окультурили многие виды растений. От кроманьонцев произошли современные люди.

Человеческие расы, их генетическое родство. В настоящее время всё человечество представлено одним видом. Расселение человечества по планете способствовало возникновению *рас*. Различия между ними касаются лишь второстепенных приспособительных признаков: цвета кожи, черт лица, типа волос, а также частот встречаемости некоторых биохимических особенностей. Расовые особенности отражают лишь разные исторические пути групп людей, но никак не связаны с преимуществом или биологической отсталостью той или другой группы.

Австрало-негроидная, или экваториальная, раса характеризуется тёмным цветом кожи, волнистыми или курчавыми волосами, широким и мало выступающим носом, поперечным расположением ноздрей, толстыми губами и рядом черепных признаков.

Европеоидная, или евразийская, раса характеризуется светлой или смуглой кожей, прямыми или волнистыми мягкими волосами, хорошим развитием волосяного покрова на лице мужчин (борода и усы), узким выступающим носом, тонкими губами и рядом черепных признаков.

Монголоидная (азиатско-американская) раса характеризуется смуглой или светлой кожей, часто жёсткими волосами, средней шириной носа и губ, уплощённостью лица, сильным выступанием скул, сравнительно крупными размерами лица, заметным развитием «третьего века».

До эпохи европейской колонизации австрало-негроидная раса была распространена в Старом Свете к югу от тропика Рака; европеоидная раса — в Европе, Северной Африке, Передней Азии и Северной Индии; монголоидная раса — в Юго-Восточной, Северной, Центральной и Восточной Азии, Индонезии, Северной и Южной Америке.

Типовые задания



Выберите правильную последовательность, отражающую систематическое положение человека разумного.

- 1) царство животных → тип хордовых → класс млекопитающих → отряд приматов → семейство обезьян
- 2) царство животных → тип млекопитающих → подтип позвоночных → класс хордовых → отряд приматов → семейство гоминидов

3) царство животных → тип хордовых → подтип позвоночных → класс млекопитающих → отряд приматов → семейство гоминидов

4) царство животных → тип хордовых → подтип позвоночных → класс приматов → отряд млекопитающих → семейство гоминидов

► Ответ. 3.

ОГЭ

Какой из перечисленных факторов эволюции человека относится к социальным?

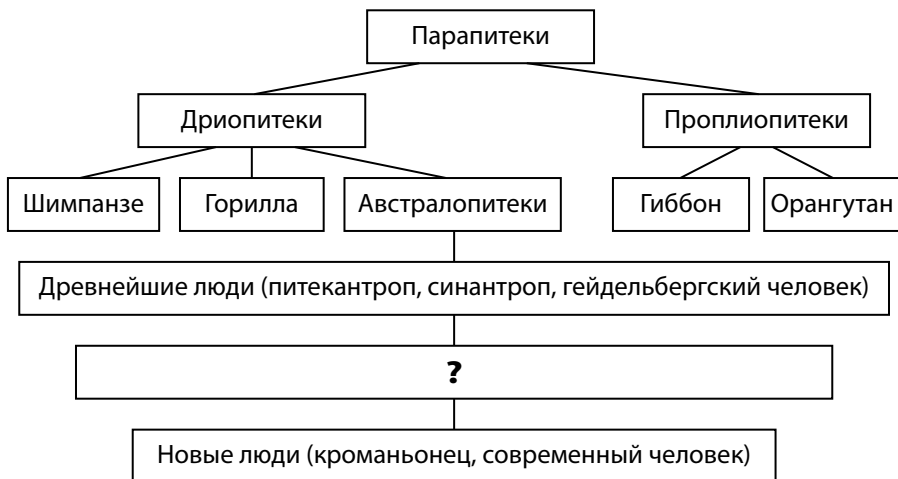
- 1) мутагенез
- 2) дрейф генов
- 3) естественный отбор
- 4) абстрактное мышление

► Ответ. 4.

ЕГЭ

Рассмотрите предложенную схему родословной человека. Запишите в ответе звено, обозначенное на схеме знаком вопроса.

РОДОСЛОВНАЯ ЧЕЛОВЕКА



► Ответ. Древние люди (неандерталец).

7. ЭКОСИСТЕМЫ И ПРИСУЩИЕ ИМ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

7.1. СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ОРГАНИЗМОВ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Основные понятия и термины

- ▶ **Среда обитания** — совокупность всех тел и явлений живой и неживой природы, окружающих организм и оказывающих влияние на него.
- ▶ **Среды обитания:** водная, почвенная, наземно-воздушная, внутренняя среда других организмов.
- ▶ **Планктон** — организмы толщи воды, увлекаемые течениями.
- ▶ **Нектон** — организмы толщи воды, способные противостоять течениям.
- ▶ **Нейстон** — организмы поверхностной плёнки воды и использующие силу поверхностного натяжения.
- ▶ **Бентос** — организмы, обитающие на поверхности или в толще грунта на дне водного объекта.
- ▶ **Экологический фактор** — компонент природы, способный оказывать влияние на организм.
- ▶ **Группы экологических факторов:** абиотические, биотические и антропогенный.
- ▶ **Абиотические факторы** — экологические факторы неживой природы.
- ▶ **Фотопериод** — продолжительность светового дня.
- ▶ **Биотические факторы** — живые организмы, оказывающие влияние на другие живые существа своей жизнедеятельностью.

- ▶ **Симбиоз** — вид взаимоотношений, при котором оба организма или хотя бы один из них извлекает пользу.
- ▶ **Мутуализм** — взаимовыгодные взаимоотношения, при которых присутствие партнёра является обязательным условием существования каждого из организмов.
- ▶ **Комменсализм** — форма взаимоотношений, при которой лишь один из партнёров извлекает из них пользу, не нанося ущерба другому.
- ▶ **Паразитизм** — использование одним организмом другого в качестве места обитания и постоянного источника питания, причём организму-хозяину наносится очевидный ущерб.
- ▶ **Хищничество** — взаимоотношения между особями разных видов, при котором один (хищник) поедает другого (жертва).
- ▶ **Растительность** — разновидность отношений хищничества, когда жертвой является растительный организм.
- ▶ **Конкуренция** — взаимоотношения между особями одного или разных видов, которые соревнуются за одни и те же ресурсы, имеющиеся в ограниченном количестве.
- ▶ **Компенсация** — снижение неблагоприятных последствий одного фактора избыточными значениями других.
- ▶ **Биологические ритмы** — периодически повторяющиеся изменения интенсивности и направления биологических процессов.
- ▶ **Антропогенный фактор** — совокупность последствий хозяйственной деятельности человека для окружающей среды.
- ▶ **Закон оптимума**: любой экологический фактор имеет определённые пределы положительного влияния на организмы.
- ▶ **Закон минимума (Ю. Либих)**: наибольшее влияние на рост и развитие организма оказывает тот фактор, которого в данный момент недостаёт в наибольшей степени.
- ▶ **Закон ограничивающего фактора**: наиболее значим тот фактор, который больше всего отклоняется от оптимальных для организма значений; именно он определяет в данный момент выживание особей.

Объяснение и важные примеры

Среда обитания. Среда обитания различаются по агрегатному состоянию, плотности, доступности и содержанию кислорода и воды, постоянству температуры и другим параметрам.

В процессе эволюции у организмов выработались разные приспособления к среде обитания. Так, обитатели водной среды делятся на четыре группы: планктон, нектон, нейстон и бентос.

К *планктону* относят одноклеточные водоросли (фитопланктон), простейших животных, мелких ракообразных и др. (зоопланктон). *Нектон* включает китов, ластоногих, рыб, головоногих моллюсков и др. Среди *нейстонных* организмов можно отметить клопов-водомеров, личинок некоторых моллюсков, ряд простейших и водорослей. В состав *бентоса* входят моллюски, черви, крупные водоросли, кораллы, губки и др.

Экологические факторы. Несмотря на многокомпонентность среды обитания, только некоторые из её условий оказывают влияние на организмы, их относят к экологическим факторам.

Абиотические факторы делят на климатические (свет, температура, влажность), химические (химический состав среды обитания), эдафические (типы почв) и другие факторы.

Свет необходим для протекания фотосинтеза, видения большинства животных, образования витамина D в коже у человека и других процессов. Важнейшими характеристиками света являются его интенсивность, длина волны и *фотопериод*. Последний в умеренном климате имеет суточную и сезонную ритмичность и определяет сроки цветения многих растений и поведение животных вследствие заблаговременного ощущения ими грядущих перемен.

Температура влияет на скорость протекания биохимических реакций, поэтому значительная часть организмов может существовать только в узком диапазоне температур.

Вода является необходимым компонентом клетки. Её количество и доступность в определённых местах обитания может ограничивать распространение организмов.

Биотические факторы оказывают как прямое, так и косвенное действие на организмы. Чаще всего в природе встречаются разные формы положительных взаимодействий — *симбиоза* (мутуализм, комменсализм, паразитизм), а также отрицательных (хищничество, растительность, конкуренция, паразитизм).

Примерами *мутуализма* являются симбиоз корней растений с клубеньковыми бактериями и грибами (микориза), *комменсализма* — эпифитные орхидеи на стволах деревьев, *паразитизма* — свиной цепень в кишечнике человека.

Конкуренция может быть как межвидовой (ограничение грибами роста бактерий путём выделения антибиотиков), так и внутривидовой (территориальность).

Существование ритмических колебаний ряда факторов окружающей среды вынуждает живые организмы согласовывать свою жизнедеятельность с периодами действия наиболее благоприятных значений этих факторов. Наиболее широко распространёнными *биологическими ритмами* являются суточные, околосуточные, сезонные и годовые.

Экологические факторы действуют на организмы не по отдельности, а в тесном взаимодействии, при этом они могут как усиливать неблагоприятное действие, так и *компенсировать* недостаток друг друга.

Соответственно, и у организмов вырабатываются приспособления не конкретным факторам, а к их совокупности. Так, адаптациями растений к недостатку влаги и повышенной температуре являются удлинение корней, утолщение кутикулы, опущение листьев, уменьшение размеров листьев, а иногда и их сбрасывание.

Антропогенный фактор может воздействовать на организмы как непосредственно, так и через изменение их среды обитания. Влияние антропогенного фактора может быть опосредовано как через биотические факторы (уничтожение видов или их привнесение), так и абиотические (загрязнение окружающей среды, климатические влияния и др.). В большинстве случаев это воздействие не носит систематического характера, поэтому приспособление организмов к его действию существенно затруднено.

Экологические законы. Возможности приспособления каждого вида организмов к действию экологического фактора не беспредельны. Значения фактора, за которыми выживание вида становится невозможным, называются *пределами выживаемости*, а размах этих значений — *диапазоном выносимости*. Тот фактор, который в данный момент препятствует нормальной жизнедеятельности организма, называется *лимитирующим*, или *ограничивающим*.

Наиболее благоприятные же для жизнедеятельности организма значения фактора называются *оптимальными*, или *зоной оптимума*.

Исследование этих экологических характеристик организмов позволило сформулировать основные экологические законы: *закон минимума*, *закон ограничивающего фактора* и *закон оптимума*.

Типовые задания



Почему антропогенный фактор в настоящее время оказывает наибольшее давление на природную среду?

- 1) стабилизирует все среды обитания организмов и способствует повышению их жизнеспособности

- 2) действует только в местах компактного проживания человека, создавая антропогенную нагрузку
- 3) не подчиняется действию экологических законов, снижая тем самым адаптивность организмов
- 4) не носит системного характера, вследствие чего организмы не могут к нему приспособиться

► Ответ. 4.

ОГЭ

Какие процессы у цветковых растений вызываются изменением продолжительности светового дня? Выберите три верных ответа из шести и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) транспирация
- 2) листопад
- 3) остановка роста
- 4) распускание боковых почек
- 5) фотосинтез
- 6) переход к цветению

► Ответ. 236.

ЕГЭ

Установите соответствие между примерами взаимоотношений организмов в экосистеме и видами симбиоза, которые они иллюстрируют: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ПРИМЕРЫ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

ВИДЫ

СИМБИОЗА

- А) питание трюфеля органическими веществами тополя
- Б) поглощение аскаридой полупереваренной пищи в тонком кишечнике человека
- В) проникновение гаусторий повилики в побеги клевера
- Г) связывание кислорода, губительного для клубеньковых бактерий, белками корней бобовых
- Д) следование медоеда за мёдоуказчиком к пчелиному гнезду

- 1) мутуализм
- 2) паразитизм

Запишите выбранные **цифры** под соответствующими буквами.

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д
1	2	2	1	1

7.2. ЭКОСИСТЕМА

Основные понятия и термины

- ▶ **Экосистема** — совокупность живых организмов, взаимодействующих между собой и со средой обитания.
- ▶ **Биогеоценоз** — природная экосистема суши, границы которой определяются растительным сообществом.
- ▶ **Свойства биогеоценоза (экосистемы):** целостность, открытость, устойчивость, саморегуляция, самовоспроизведение и саморазвитие.
- ▶ **Биоценоз, или сообщество**, — совокупность популяций живых организмов, населяющих участок суши или водоёма.
- ▶ **Биотоп** — участок водоёма или суши с однородными условиями рельефа, климата и прочими абиотическими факторами, занятый определённым биоценозом.
- ▶ **Продуценты, или производители**, — автотрофы, синтезирующие органические вещества из неорганических.
- ▶ **Консументы, или потребители**, — гетеротрофы, которые потребляют органические вещества, синтезированные автотрофами.
- ▶ **Редуценты, или разрушители**, — гетеротрофы, использующие готовые органические вещества и разлагающие их до неорганических.
- ▶ **Экологическая ниша** — совокупность условий среды обитания, необходимых для существования данного вида.
- ▶ **Цепь питания, или пищевая (трофическая) цепь**, — ряд взаимосвязанных видов, где каждый предыдущий служит пищей последующему.
- ▶ **Цепи выедания, или пастбищные цепи**, — пищевые цепи, которые состоят из продуцентов и консументов различных порядков (растительных животных и хищников).
- ▶ **Цепи разложения, или детритные цепи**, — пищевые цепи, в которых источником органического вещества являются растительные и животные остатки, экскременты животных, служащие пищей для мелких животных и микроорганизмов.

Объяснение и важные примеры

Экосистема — широкое понятие, включающее природные системы различных уровней: от микроэкосистемы гниющего дерева до глобальной экосистемы — биосферы.

Биогеоценоз. Биогеоценоз является элементарной наземной экосистемой, например лиственный лес, сосновый бор, заливной луг, озеро, болото и др.

Биогеоценозы характеризуются видовой, пространственной и экологической структурами, обеспечивающими его уникальность и поддерживающими его целостность.

В нём выделяют биотический и абиотический компоненты — *биоценоз* и *биотоп* соответственно.

Видовая структура экосистемы. Биогеоценозы характеризуются видовым разнообразием, численностью и плотностью популяций имеющихся видов. Биоценоз образован сообществами растений (фитоценозом), животных (зооценозом) и микроорганизмов (микробиоценозом). В биогеоценозах со специфическими условиями обитания видовое разнообразие невелико, а численность и плотность популяций этих видов значительны. В оптимальных для многих организмов условиях существования ситуация меняется на обратную. Так, в обычной дубраве обитает около 100 видов растений, несколько тысяч видов животных и сотни видов грибов и бактерий, связанные трофическими связями, а в тропическом дождевом лесу на той же площади видовое разнообразие может быть на порядок большим. Это обусловлено тем, что среды обитания неоднородны и образуют множество *экологических ниш*, каждая из которых занята конкретным видом организмов.

Несмотря на то, что численность некоторых видов может намного превышать количество представителей других, последние не исчезают и являются своеобразным резервом экосистемы на случай исчезновения первых, например при изменении условий или уничтожении человеком.

Пространственная структура экосистемы обусловлена приспособлением организмов к наиболее полному использованию ресурсов среды и разнообразием действия абиотических и биотических факторов в различных участках биогеоценоза. Пространственная структура выражается в вертикальном и горизонтальном распределении организмов — *ярусности* и *мозаичности* соответственно.

Ярусность определяется размещением организмов в вертикальных надземных и подземных ярусах растительного сообщества, образованных вегетативными органами растений. Например, в листопадном лесу выделяют высокий и низкий древесный (дуб, бук, липа), кустарниковый, или подлесок, (боярышник, калина), травянистый и моховой напочвенный.

Мозаичность вызвана неоднородностью микрорельфа и деятельностью живых организмов, а также человека.

Трофическая структура экосистемы. С экологической точки зрения в составе биогеоценозов выделяют три основные группы организмов: *продуценты*, *консументы* и *редуценты*. Основными *продуцентами* большинства экосистем являются зелёные растения, а некоторых водных экосистем — фото- и хемосинтезирующие бактерии. К *консументам* относят растительноядных и плотоядных животных, а также грибы. Консументы могут быть представлены рядом видов, каждый из которых является пищей для последующего. Например, растительноядных насекомых рассматривают в качестве консументов 1-го порядка, насекомоядных птиц — консументов 2-го порядка, а хищных птиц — консументов 3-го порядка. Наличие консументов в биогеоценозе не является обязательным условием его существования, поскольку отмершие остатки всё равно будут утилизированы редуцентами. Таковы некоторые глубоководные экосистемы, в которых продуцентами являются хемосинтезирующие бактерии. *Редуцентами* являются бактерии, грибы и некоторые животные, например дождевой червь. Благодаря существованию продуцентов, консументов и редуцентов в биогеоценозах осуществляется круговорот веществ, тогда как большая часть энергии рассеивается.

Цепи и сети питания, их звенья. Трофические уровни. Каждый организм в биогеоценозе связан с остальными положительными либо отрицательными взаимодействиями.

Пищевая цепь обеспечивает перенос энергии от продуцентов через ряд организмов путём поедания одних видов другими. При переносе энергии от предыдущего звена пищевой цепи к последующему значительная её часть (80–90 %) рассеивается в виде тепла, поэтому большинство пищевых цепей на суше содержат 3–5 звеньев, в водных экосистемах они обычно длиннее.

В экосистемах различают два типа цепей питания: *цепи выедания* и *цепи разложения*.

Полуразложившаяся масса органических остатков вместе с перерабатывающими её микроорганизмами называется *детритом*. На суше и на континентальном шельфе большая часть растительной биомассы попадает в *цепи разложения*, тогда как в открытом море преобладают *цепи выедания*.

Пример цепи выедания:

листва дуба → дубовый шелкопряд → синица → ястреб-перепелятник

Пример цепи разложения:

детрит → дождевой червь → сойка → ястреб-перепелятник

Пищевые цепи биогеоценоза сложно переплетаются, поскольку одни и те же организмы могут питаться разными видами других, служить пищей нескольким видам, входить одновременно и в цепи выедания, и цепи разложения. Поэтому в реальных биогеоценозах комплексы взаимосвязанных трофических цепей образуют *пищевые сети*.

Группы организмов, объединённых общим типом питания, относят к одному *трофическому уровню*. Например, на лугу злаки, клевер, полевая герань и другие растения — это продуценты, тогда как кузнечики, жуки-листоеды, гусеницы различных видов бабочек и мыши-полевки, а также паразитирующие на растениях грибы и бактерии являются консументами 1-го порядка, ящерицы, трясогузки и малиновки — консументами 2-го порядка.

Это интересно!

Площадь самой большой болотной системы на планете составляет 5 269 437 га. Большое Васюганское болото находится на территории сразу трёх регионов: Томской, Новосибирской и Омской областей между рекой Обью и её крупнейшим притоком — Иртышом в Васюганской долине. Наибольшая протяжённость Васюганского болота с севера на юг — 320 км, а с запада на восток — 573 км. Из болот берут начало 200 средних рек, в том числе Васюган, Иска, Чижалка, Туй, Уй и Шиш. Богата фауна Васюганских болот — здесь живут сапсаны, орланы-белохвосты, беркуты, северные олени, соболя, глухари.

Каспийское море — самое большое озеро на планете Земля. Его площадь чуть более 371 тыс. км². По глубине Каспий уступает лишь двум озёрам: Байкалу и Танганьике. Каспийское море расположено ниже уровня моря (–26,3). Самое большое озеро в мире солёное. В Каспийском море обитает более 1809 видов и подвидов животных и более 700 видов растений.

Типовые задания

Какая экосистема является примером биогеоценоза?

- 1) биосфера
- 2) тайга
- 3) луг
- 4) муравейник

► Ответ. 3.



Прочитайте отрывок М. Пришвина «Лесной доктор» и выполните задание.

Лесной доктор

Мы бродили весной в лесу и наблюдали жизнь дупляных птиц: дятлов, сов. Вдруг в той стороне, где у нас раньше было намечено интересное дерево, мы услышали звук пилы. То была, как нам говорили, заготовка дров из сухостойного леса для стеклянного завода. Мы побоялись за наше дерево, поспешили на звук пилы, но было уже поздно: наша осина лежала, и вокруг её пня было множество пустых еловых шишек. Это всё дятел отшелушил за долгую зиму, собирал, носил на эту осинку, закладывая между двумя суками своей мастерской и долбил. Около пня, на срезанной нашей осине, два паренька отдыхали. Эти два паренька только и занимались тем, что пилили лес.

— Эх вы, проказники! — сказали мы и указали им на срезанную осину. — Вам велено резать сухостойные деревья, а вы что сделали?

— Дятел дырки наделал, — ответили ребята. — Мы поглядели и, конечно, спилили. Всё равно пропадет.

Стали все вместе осматривать дерево. Оно было совсем свежее, и только на небольшом пространстве, не более метра в длину, внутри ствола прошёл червяк. Дятел, очевидно, выслушал осину, как доктор: выстукал её своим клювом, понял пустоту, оставляемую червем, и приступил к операции извлечения червя. И второй раз, и третий, и четвертый... Нетолстый ствол осины походил на свирель с клапанами. Семь дырок сделал «хирург» и только на восьмой захватил червяка, вытащил и спас осину. Мы вырезали этот кусок, как замечательный экспонат для музея.

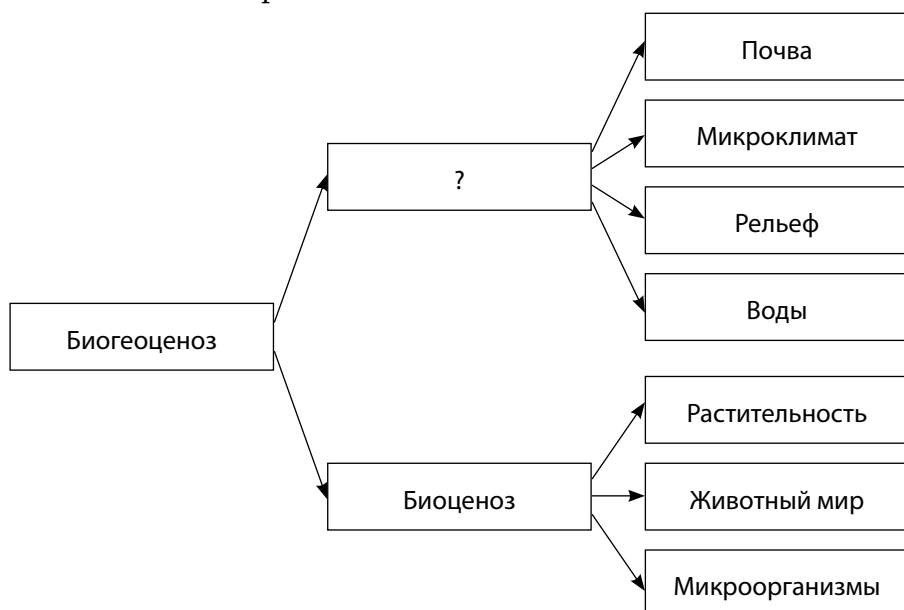
— Видите, — сказали мы ребятам, — дятел — это лесной доктор, он спас осину, и она бы жила и жила, а вы её срезали.

Используя содержание текста, ответьте на следующие вопросы:

- 1) Какую экосистему описывает М. Пришвин?
- 2) Какие виды-консументы упомянуты в тексте?
- 3) Какой тип цепей питания характерен для описанной экосистемы?

ЕГЭ

Рассмотрите предложенную схему структуры биогеоценоза. Запишите в ответе пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.



► Ответ. Биотоп.

7.3. ПРАВИЛА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПИРАМИДЫ. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ПЕРЕДАЧИ ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ (ЦЕПЕЙ И СЕТЕЙ ПИТАНИЯ). РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Основные понятия и термины

- **Экологическая пирамида** — графическое изображение соотношения между трофическими уровнями экосистемы.
- **Пирамида чисел** отражает численность особей на каждом трофическом уровне.
- **Пирамида биомассы** отражает количество сухого органического вещества на каждом трофическом уровне.
- **Пирамида энергии** отражает количество энергии на каждом трофическом уровне.
- **Правило экологической пирамиды, или правило 10 %**: энергия убывает в каждом последующем звене пищевой цепи (средний коэффициент перехода — 10 %).

Объяснение и важные примеры

Поскольку трофические уровни различаются по ряду показателей, соотношение между ними в экосистеме можно отразить в соответствующем масштабе в виде экологической пирамиды. Существует три вида экологических пирамид: *пирамида чисел*, *пирамида биомассы* (рис. 206) и *пирамида энергии*.

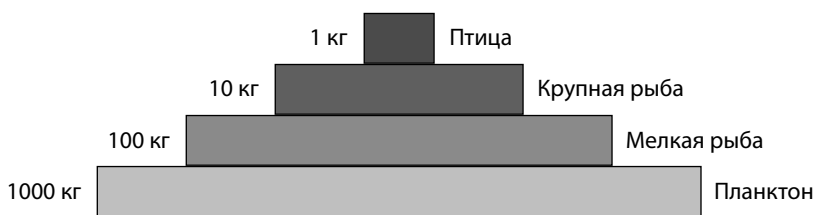


Рис. 207. Пирамида биомассы

Экологические пирамиды. Пирамиды чисел и биомассы могут быть перевёрнутыми, например вследствие охоты более мелких хищников (волков) за более крупной добычей (лосями) или из-за того, что в водные экосистемы может происходить занос органического вещества. Пирамида же энергии всегда суживается кверху. Экологические пирамиды предоставляют собой наглядную основу для сопоставления разных экосистем, сезонных состояний одной экосистемы и разных фаз изменения экосистемы.

Основой для составления пирамиды энергии является продуктивность экосистемы — количество энергии, производимое ею за определённый период времени. Для построения используют *правило экологической пирамиды*, или *правило 10 %*.

Составление схем передачи веществ и энергии (цепей и сетей питания). Изучение пищевых цепей и сетей биогеоценозов предоставляет необходимые сведения о потоке энергии и веществ в экосистеме.

Для удобства записи цепи питания её звенья записывают в строку слева направо, начиная с продуцентов, за которыми располагают консументов 1-го, 2-го порядков и т. д. Звенья пищевой цепи соединяют между собой стрелками, указывающими направление потока вещества и энергии.

Например, злаки являются пищей для кузнечиков, которых потребляют мелкие насекомоядные птицы, а уже ими питаются змеи, опасность для которых представляют ежи. Эта пищевая цепь будет иметь следующий вид:

злаки → кузнечики → насекомоядные птицы → змеи → ежи.

Таким образом, злаки являются продуцентами, кузнечики — консументами 1-го порядка, птицы — консументами 2-го порядка, а змеи и ежи — 3-го и 4-го порядка соответственно.

Иногда требуется составить пищевую цепь, руководствуясь лишь перечнем видов организмов, входящих в неё. В таком случае следует проанализировать не столько их систематическую принадлежность, сколько способ питания. Например, необходимо составить пищевую цепь по следующим данным: в африканской саванне широко распространены гепарды, антилопы, акации и гиены.

Сначала выделяем из предложенных видов продуценты — это растения (акации). Они, вне всякого сомнения, должны стоять на первом месте, поскольку все остальные виды — это животные (гетеротрофы). Теперь распределяем консументов согласно их положению в трофической цепи: антилопы являются растительноядными животными, гепарды — хищниками, гиены же — падальщики. Таким образом, пищевая цепь будет иметь следующий вид:

акации → антилопы → гепарды → гиены.

Возможна и более короткая цепь, в которой будет отсутствовать третье звено, поскольку гиены могут питаться и погибшими от бескормицы, болезней, ран или старости антилопами. Аналогично следует поступить, если, имея список растений и животных, требуется составить пищевую сеть. Например даны волк, лиса, лось, белка, бобр, сосна лесная, клён, заяц-беляк, пихта, осина и рогоз. Учитывая тот факт, что каждый компонент этой трофической сети может служить пищей одному или нескольким другим и иметь более чем один источник питания, получим следующую трофическую сеть (рис. 207).

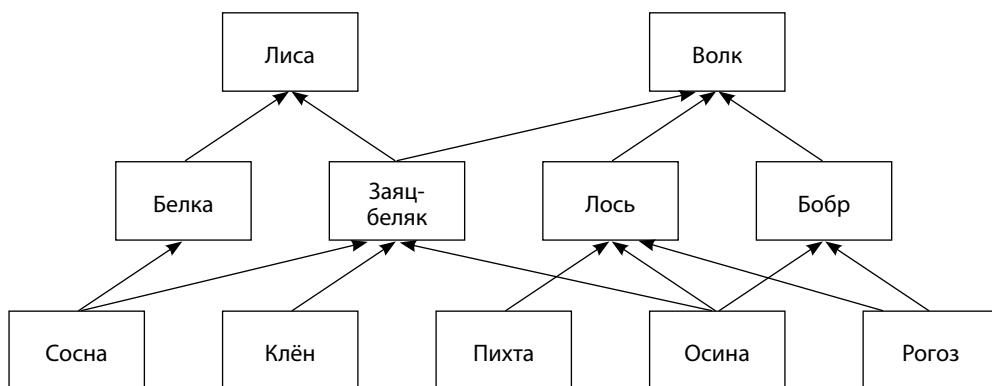


Рис. 208. Трофическая сеть

7.3.1. Решение экологических задач

Задача 1. Постройте пищевую цепь экосистемы леса, в которой продуцентами являются древесные растения, а консументом высшего порядка — ястреб.

Решение.

Поскольку растения — это продуценты, в пищевой цепи они займут первую позицию:

растения →

Их тканями могут питаться многие насекомые, например тля, которая питается флоэмным соком. Тля будет являться консументом 1-го порядка:

растения → тля →

Как известно, тлю истребляют божьи коровки, которых используют в садах и на полях вместо ядохимикатов:

растения → тля → божьи коровки →

Божьими коровками могут питаться немногие птицы из-за их предупреждающей окраски, однако к таковым относятся и скворцы:

растения → тля → божьи коровки → скворцы →

Скворец вполне может стать добычей ястреба, который и завершит данную пищевую цепь, будучи консументом 4-го порядка:

растения → тля → божьи коровки → скворцы → ястреб.

► Ответ. Растения → тля → божьи коровки → скворцы → ястреб.

Задача 2. Какое количество чаек может прокормиться на участке акватории моря, где в течение года образуется 1 200 кг сухой массы фитопланктона? Масса чайки составляет 1 кг (сухое вещество — 40 %), чайка питается рыбой, а рыба — фитопланктоном. При решении задачи следует учитывать правило экологической пирамиды.

Решение.

Прежде всего, исходя из данных задачи, следует составить пищевую цепь:

фитопланктон → рыба → чайки.

Из этой цепи следует, что пирамида биомасс будет трёхуровневой, и согласно правилу экологической пирамиды биомасса чаек будет в 100 раз меньше биомассы фитопланктона:

чайки — 1 %; рыба — 10 %; фитопланктон — 100 %.

Помня о том, что в основу пирамиды биомасс положена масса сухого вещества, рассчитываем массу сухого вещества чайки:

$$m(\text{сух. в-ва чайки}) = m(\text{сыр. в-ва чайки}) \times 40 \% \div 100 \% = \\ = 1 \times 0,4 = 0,4 \text{ кг.}$$

Определяем, какое количество сухого вещества фитопланктона требуется для пропитания одной чайки:

$$m(\text{сух. в-ва фитопланктона}) = m(\text{сух. в-ва чайки}) \times 100 = \\ = 0,4 \times 100 = 40 \text{ кг.}$$

И наконец, вычисляем, какое количество чаек может прокормиться на данной акватории:

$$n(\text{чаек}) = m(\text{общ. сух. в-ва фитопланктона}) \div m(\text{сух. в-ва фитопланктона}) = \\ = 1200 : 40 = 30 \text{ (чаек)}$$

► Ответ. 30 чаек.

Задача 4. Средняя масса годовалой рыжей лисицы — 20,5 кг.

Предположим, что с одномесечного возраста, когда масса лисёнка составляла 500 г, он перешёл на питание исключительно куропатками (средняя масса — 800 г). Какое количество куропаток понадобилось ему съесть для достижения массы годовалой лисицы? Какой прирост биомассы продуцентов понадобился для этого? Какая площадь (в га) достаточна для пропитания одной лисицы, если продуктивность растительной биомассы составляет 2 т/га?

Решение.

Составим цепь питания данного биогеоценоза, учитывая то, что куропатки являются преимущественно растительноядными:

растения → куропатки → лисица.

Подсчитаем, какую массу лисёнок набрал в течение года, питаясь куропатками:

$$\Delta m(\text{лисицы}) = 20,5 \text{ кг} - 0,5 \text{ кг} = 20 \text{ кг.}$$

Согласно правилу экологической пирамиды для набора такой массы ему потребовалось съесть куропаток массой в 10 раз больше:

$$m(\text{куропаток}) = \Delta m(\text{лисицы}) \times 10 = 20 \times 10 = 200 \text{ кг.}$$

Определим количество куропаток, необходимых для пропитания лисицы:

$$n(\text{куропаток}) = m(\text{куропаток}) : m(\text{куропатки}) = \\ = 200 \text{ кг} : 0,8 \text{ кг} = 250 \text{ (куропаток).}$$

Теперь определим согласно правилу экологической пирамиды, какая биомасса продуцентов потребовалась для прокорма куропаток массой 200 кг:

$$m(\text{продуцентов}) = m(\text{куропаток}) \times 10 = 200 \text{ кг} \times 10 = 2000 \text{ кг.}$$

Вычислим площадь, необходимую для пропитания куропаток и лисицы, учитывая продуктивность данной экосистемы (2 000 кг/га):
 $S = m(\text{продуцентов}) : \text{продуктивность} = 2\,000 \text{ кг} : 2\,000 \text{ кг/га} = 1 \text{ га}.$

- Ответ. Для пропитания одной лисы необходимо 250 куропаток, которые потребляют 2 000 кг растительной биомассы. Для пропитания одной лисицы достаточно 1 га территории.

Типовые задания



Какая экологическая пирамида не может быть перевёрнутой?

- 1) пирамида чисел
- 2) пирамида энергии
- 3) пирамида биомассы
- 4) пирамида биосферы

► Ответ. 2.



Установите соответствие между примерами и функциональными группами организмов, которые этими примерами иллюстрируются: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ПРИМЕРЫ

- А) виноградная улитка
- Б) божья коровка
- В) заразиха
- Г) обыкновенный уж
- Д) дафния

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ

- 1) консументы I порядка
- 2) консументы II порядка

Запишите выбранные **цифры** под соответствующими буквами.

► Ответ.

А	Б	В	Г	Д
1	2	1	2	1



Средняя масса белой акулы — 600 кг. Пищевая цепь данной экосистемы:

фитопланктон → зоопланктон → сельдь → треска → акула.

Какая масса фитопланктона необходима для существования этого хищника? Какая площадь (в га) достаточна для пропитания одной акулы, если продуктивность растительной биомассы составляет 100 г/м²?

- Ответ. Масса фитопланктона — 6 000 000 кг; площадь — 6 тыс. га.

7.4. СВОЙСТВА ЭКОСИСТЕМ. РАЗНООБРАЗИЕ ЭКОСИСТЕМ. АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Основные понятия и термины

- **Сукцессия** — закономерная последовательная и направленная смена во времени одних сообществ организмов другими на определённом участке земной поверхности.
- **Первичная сукцессия** — смена сообществ на прежде не обжитых территориях.
- **Вторичная сукцессия** — смена сообществ вследствие уничтожения или нарушения предыдущего сообщества какими-либо сильнодействующими факторами при сохранении почвы и органического вещества.
- **Агробιοгеоценоз, или агроэкосистема,** — созданная и искусственно поддерживаемая человеком экосистема.

Объяснение и важные примеры

Свойства экосистем. Экосистемы, в том числе и биогеоценозы, обладают рядом общих *свойств*, характерных для большинства биологических систем.

Целостность экосистем обеспечивается круговоротом веществ и потоком энергии. Так, кислород поглощается организмами при дыхании и выделяется в процессе фотосинтеза.

В основе *самовоспроизводства* экосистем лежит способность организмов к размножению.

Устойчивость экосистем заключается в их способности противостоять любым изменениям. Изменения экосистем могут быть циклическими и нециклическими.

Циклические, или регулярно повторяющиеся, изменения бывают суточными, сезонными и многолетними, например обусловленные сменой дня и ночи колебания интенсивности фотосинтеза и транспирации у растений, листопад и миграции животных. Большинство экосистем хорошо адаптированы к ним.

В устойчивой экосистеме изменения биомассы каждого трофического уровня составляет примерно половину изменения биомассы предыдущего уровня. Например, при уменьшении количества осадков на 50% масса продуцентов снижается примерно на 25%, консументов первого порядка — на 12,5%, второго порядка — на 6,3% и т. д.

Нециклические изменения могут быть случайными и поступательными.

К *случайным* изменениям относят непредсказуемые природные катаклизмы, сопровождающиеся резким изменением силы экологических факторов (землетрясения, извержения вулканов, ураганы, наводнения и др.) и приводящие зачастую к разрушению экосистем.

Поступательные изменения однонаправленны вследствие усиления или ослабления действия экологических факторов. До определённого момента экосистема сопротивляется этим изменениям за счёт механизмов саморегуляции, однако превышение пределов её устойчивости приводит к смене сообществ в данном биотопе — *саморазвитию*.

Саморегуляция — это способность восстанавливать утраченное вследствие различных воздействий равновесие и связи между основными компонентами биогеоценоза. Эту способность отражает соотношение численности особей в системе «хищник — жертва» (рис. 208). Саморегуляция биогеоценозов обеспечивает поддержание их *гомеостаза*.

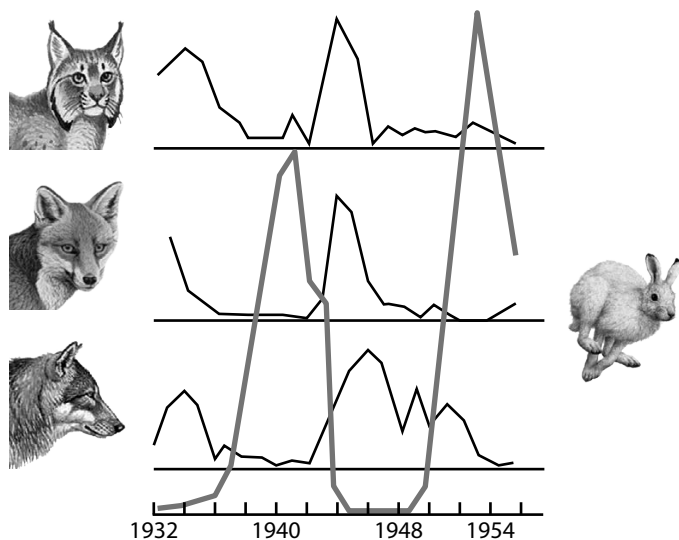


Рис. 209. Колебания численности хищников и жертвы

Саморазвитие и смена экосистем. Устойчивость и динамика экосистем. Различные факторы среды могут выступать движущими силами саморазвития экосистем, причём ведущую роль играют сообщества организмов. Процесс смены сообществ в данном биотопе называют *сукцессией*. Причинами большинства сукцессий являются

природные (стихийные) или антропогенные факторы, а конечной целью — достижение устойчивости экосистемы.

Первое сообщество, формирующееся в данном биотопе, называют *пионерным*, следующие за ним — *переходными*, а конечное, зрелое сообщество — *климаксным*. Климаксное сообщество характеризуется значительным видовым разнообразием и развитостью пищевых цепей и сетей.

Различают *первичную* и *вторичную* сукцессии.

При *первичной сукцессии* на безжизненном субстрате чаще всего поселяются фотосинтезирующие бактерии и лишайники, затем мхи, которые сменяются однолетними и многолетними травами, кустарниками, быстрорастущими и медленнорастущими деревьями соответственно. Так, лишайники поселяются даже на скалах, и начинают процесс почвообразования за счёт постепенного разрушения камня и накопления органических веществ. А далее их сменяют иные группы организмов.

Вторичная сукцессия происходит, например, на месте лесного пожара, где сначала поселяются однолетние растения, затем многолетние и т. д. (рис. 209). Вторичные сукцессии чаще всего направлены на восстановление климаксного сообщества. Они протекают намного быстрее первичных.



Рис. 210. Схема хода послепожарной сукцессии в сибирской кедрово-пихтовой тайге

Характер сукцессии определяется природно-климатическими факторами, однако он контролируется сообществом организмов.

Причины устойчивости и смены экосистем. Основными причинами устойчивости и саморазвития экосистем являются биологическое разнообразие, саморегуляция и круговорот веществ. Устойчивость экосистемы, как правило, тем больше, чем больше она по размеру, богаче и разнообразнее её видовой состав, выше способность к саморегуляции, более полный круговорот веществ в ней, более развиты пищевые цепи и сети в ней.

Стремясь к поддержанию гомеостаза, экосистемы тем не менее способны к изменениям, к развитию, к переходу от более простых к более сложным формам под действием различных возмущающих факторов среды. Даже тундры и пустыни в отсутствие интенсивной антропогенной нагрузки способны к длительному существованию, тогда как агроэкосистемы полностью деградируют без вмешательства человека.

Изменения в экосистемах под влиянием деятельности человека. Хозяйственная деятельность человека является одним из наиболее существенных факторов воздействия на экосистемы. Изменения в экосистемах под действием человеческой деятельности происходят намного быстрее, чем под действием других факторов; иногда они являются вообще катастрофическими, как-то: вырубка лесов, распашка земель, возведение плотин и создание водохранилищ, осушение болот и т. п.

Даже простая прогулка по лесу приводит к изменению среды, так как повреждаются растения травяного яруса и подрост, исчезают собираемые грибы, ягоды и красивоцветущие растения. Вытаптывание сопровождается уплотнением почвы и нарушением роста корней и корневищ, а лесные растения вытесняются луговыми.

Разнообразие экосистем. Экосистемы можно разделить на природные и искусственные, или *агроэкосистемы*. Опираясь на немногие экологические критерии, природные экосистемы нашей планеты можно свести к нескольким основным типам, приуроченным к определённым ландшафтно-климатическим зонам. Особенности среды обитания, накладывающие отпечаток на характер процессов, происходящих в экосистеме, а также её видовую и пространственную структуру, позволяют отнести её к наземным (сухопутным) или водным. Основными наземными экосистемами, или биогеоценозами, являются пустыни (тропические, умеренных широт и холодные), травянистые (саванны, прерии, степи, луга и тундры) и лесные биогеоценозы (влажные тропические леса, листопадные леса умеренных широт и тайга). Наиболее продуктивными из них являются тропические влажные леса, а наименее — пустыни.

К водным экосистемам относят океаны, моря, реки, ручьи, озёра и болота. Самую высокую продуктивность из них имеют болота, а самую низкую — открытый океан.

Агроэкосистемы. К *агроэкосистемам* относят поля, огороды, сады, пастбища, пруды и т. д. Ими занято около 10 % поверхности суши. Как и естественные экосистемы, агробиогеоценозы характеризуются видовым разнообразием и имеют выраженную трофическую

структуру. Их отличиями являются меньшее видовое разнообразие, часто монокультура, краткость пищевых цепей, использование принесённой человеком энергии, изъятие части органического вещества, преобладание процессов аккумуляции над минерализацией и их регуляция человеком. Эти отличия агроэкосистем и являются причиной их неустойчивости, вследствие чего они не могут существовать без вмешательства человека.

Это интересно!

«Райский проект» — искусственная биосфера, которая находится в Корнуолле (Юго-Западная Англия). Искусственные биомы этой оранжереи содержат около миллиона растений со всех уголков Земли из различных климатических зон.

В Объединённых Арабских Эмиратах созданы искусственные экосистемы «Пальмовые острова».

Типовые задания



Последовательная смена сообществ на одном участке земной поверхности — это

- 1) агроэкосистема
- 2) климакс
- 3) сукцессия
- 4) временное сообщество

► Ответ. 3.



Верны ли следующие суждения о видах сукцессии?

А. Первичная сукцессия может начинаться на ранее обжитых территориях.

Б. Вторичная сукцессия завершается формированием пионерного сообщества.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

► Ответ. 4.



Каковы черты сходства агробиогеоценоза и природного биогеоценоза? Приведите не менее трёх и поясните их.

► Ответ. (три любые)

1. Являются открытыми системами — поглощают солнечную энергию.

2. Действуют факторы эволюции (искусственный или естественный отбор, борьба за существование, наследственная изменчивость).
3. Состоят из продуцентов, консументов, редуцентов.
4. В обеих системах действует правило экологической пирамиды.
5. В основе сообщества лежат продуценты (автотрофные организмы), непосредственно использующие энергию Солнца для синтеза органических веществ — первое звено в цепи питания.
6. В биогеоценозах любого типа существуют цепи питания.

7.5. БИОСФЕРА — ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА

Основные понятия и термины

- ▮ **Биосфера** — область существования и жизнедеятельности ныне живущих организмов, которая объединяет нижние слои атмосферы, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы.
- ▮ **Компоненты биосферы:** живое, биогенное, биокосное и косное вещества.
- ▮ **Живое вещество** — совокупность ныне живущих организмов.
- ▮ **Биогенное вещество** — органические остатки, в том числе и не полностью разложившиеся.
- ▮ **Биокосное, или биоинертное, вещество** — смеси биогенных веществ с минеральными породами абиогенного происхождения.
- ▮ **Косное, или инертное, вещество** — абиотические компоненты, не затронутые прямым биогеохимическим воздействием организмов.
- ▮ **Биогеохимические функции живого вещества:** энергетическая, газовая, окислительно-восстановительная, концентрационная, деструктивная, средообразующая.
- ▮ **Ноосфера** — высший этап развития земной природы, результат совместной эволюции природы и общества, направляемой человеком.
- ▮ **Биогеохимические циклы** — большие круговороты веществ на уровне биосферы, являющиеся совокупностью малых круговоротов.

Объяснение и важные примеры

Биосфера. В понятие биосферы, помимо среды обитания, включается и вся совокупность живых организмов, населяющих её и обеспечивающих её функционирование. Биосферу можно рассматривать и как многоуровневую систему элементарных экосистем — биогеоценозов.

Распространение жизни в географических оболочках Земли зависит от ряда факторов. Так, в атмосфере нарастание силы земного тяготения по мере приближения к Земле и ослабление космического излучения озоновым экраном обуславливает наличие условий, пригодных для жизни, в пределах 20 км над уровнем моря. В гидросфере живые существа обнаружены до глубин 11 км и более (Марианская впадина). В литосфере же они проникают на глубину 5–6 км (в среднем до 2–3 км).

Способность биосферы как открытой системы, зависящей от поступления энергии извне, обеспечивать улавливание и прохождение потока энергии, а также круговорот веществ на планете делает её глобальной экосистемой.

Биогеохимические циклы гораздо более замкнуты, чем малые круговороты на уровне биогеоценозов.

Учение В. И. Вернадского о биосфере и ноосфере. Разработка учения о биосфере как сложной многокомпонентной планетарной системе связанных между собой значительных биологических комплексов, а также химических и геологических процессов, происходящих на Земле, — заслуга русского учёного В. И. Вернадского (1864–1945). Он выделил четыре *компонента (вещества) биосферы*.

К *биогенному веществу* относят детрит, торф, уголь, нефть и газ биогенного происхождения, к *биокосному* — почва, илы, природные воды, газо- и нефтеносные сланцы, битуминозные пески, часть осадочных карбонатов, тогда как *косное* представлено горными породами, минералами, осадками и др.

Человечество является частью биосферы, но в последние два века оно стало не менее мощным геологическим фактором, нежели всё остальное живое вещество. Согласно учению о ноосфере, также разработанному В. И. Вернадским, *ноосфера* — будущее биосферы, когда она, благодаря разумной деятельности и могуществу человека, приобретёт новую функцию — функцию гармоничной стабилизации условий жизни на планете. Согласно В. И. Вернадскому главная цель в построении ноосферы заключается в неизменности того типа биосферы, в которой возник и может существовать человек как вид, сохраняя своё здоровье и образ жизни.

Живое вещество и его функции. Сухая масса живого вещества Земли оценивается приблизительно в $1,8-2,5 \times 10^{12}$ т. В. И. Вернадский отмечал, что на земной поверхности нет иной химической силы, которая бы действовала более постоянно, а поэтому и более могущественной по своим конечным результатам, чем живое вещество.

Изучение деятельности живого вещества позволило В. И. Вернадскому выделить выполняемые им *биогеохимические функции*.

Особенности распределения биомассы на Земле. Распределение живых организмов в пространстве неравномерно: большая часть жизни сосредоточена на суше, биомасса океана составляет около 0,13%.

Более 99% биомассы организмов суши составляют продуценты (в основном растения), а на долю консументов и редуцентов приходится менее 1% (животные и микроорганизмы соответственно).

В океане наблюдается иная картина: на долю растений приходится около 6%, а животные, бактерии и грибы составляют свыше 93%. Такая пропорция продуцентов, консументов и редуцентов обуславливает низкую продуктивность открытого океана, просторы которого можно считать полупустынными. Тем не менее именно океан является основным поставщиком первичной продукции на планете благодаря его огромной протяжённости и тому, что значительная часть энергии, запасённой продуцентами в виде химических связей органических веществ, не расходуется на процессы жизнедеятельности, а оседает на дно.

Биологический круговорот и превращение энергии в биосфере, роль в нём организмов разных царств. Энергия и вещества, поступающие извне в экосистемы в процессе их существования, подвергаются многочисленным изменениям и переходят из одной формы в другую. Поток энергии через экосистему не может быть замкнутым, поскольку, хотя солнечная энергия и переходит в энергию химических связей благодаря деятельности продуцентов, большая её часть рассеивается в процессе жизнедеятельности отдельных компонентов биогеоценозов и лишь незначительная доля депонируется в виде залежей полезных ископаемых.

В экосистемах постоянно осуществляются круговороты углерода, азота, водорода, кислорода, серы, фосфора и других химических элементов, а также круговороты веществ, например воды. В круговороте веществ и энергии в биогеоценозах ведущую роль играют живые организмы, поскольку одни из них (продуценты) улавливают энергию Солнца и фиксируют углерод, а также азот, серу и фосфор в виде органических соединений, а другие, наоборот, используют их (консументы) и постепенно минерализуют (редуценты).

Круговорот углерода. Углерод углекислого газа связывается растениями в процессе фотосинтеза в виде органических соединений, используемых консументами. В процессе дыхания большая часть органических соединений расщепляется с образованием углекислого газа, а органические остатки разлагаются и минерализуются организмами-редуцентами. В результате этих процессов большая часть углекислого газа возвращается обратно в атмосферу.

Часть углерода в настоящее время откладывается в виде неразложившихся органических остатков, формирующих плодородный слой почвы, а запасённый растениями, жившими миллионы лет назад, этот химический элемент образовал залежи таких полезных ископаемых, как каменный и бурый уголь, торф, тогда как нефть и природный газ образовались из разных органических остатков.

В водных экосистемах углекислый газ связывается в виде карбонат- и гидрокарбонат-анионов и может образовывать нерастворимый карбонат кальция, который входит в состав скелетов многих простейших животных и кишечнополостных. Скелеты отмерших животных образуют осадочные породы (мел, известняки) и надолго исключаются из круговорота, однако в процессе горообразования они выносятся на поверхность, и, разрушаясь под действием биотических факторов и в результате деятельности живых организмов, вновь вовлекаются в него.

Хозяйственная деятельность человека в значительной степени влияет на круговорот углерода в биосфере, в основном вследствие использования невозобновляемых энергетических ресурсов — нефти и газа.

Круговорот азота. Большая часть химически инертного атмосферного азота фиксируется свободноживущими и симбиотическими азотфиксирующими бактериями (в том числе цианобактериями), преобразующими его в нитраты. Некоторая часть азота поступает из атмосферы в виде оксида азота (IV), образующегося во время грозы.

Нитраты поглощаются растениями и включаются ими в состав органических соединений. Белки растений служат основой азотного питания животных, однако азотистые соединения постоянно выделяются последними в процессе жизнедеятельности, а также в процессе разложения растительных и животных остатков бактериями и грибами. Образующийся аммиак частично используется редуцентами на построение собственного тела, другая же его часть преобразуется нитрифицирующими бактериями в нитраты, вновь используемые растениями или денитрифицирующими бактериями, возвращающими его в атмосферу. Часть азота, как и углерода, на

длительное время исключается из оборота, оседая в глубоководных отложениях.

Круговорот азота претерпел значительные изменения в связи с использованием человеком азотных удобрений, а также других азотистых соединений в различных отраслях промышленности, вследствие чего значительные количества азота попадают не только на поля, но и в воздух, и в водные экосистемы.

Круговорот серы. Большая часть серы находится в почве и морских осадочных породах в виде сульфидов и сульфатов. Микроорганизмы переводят сульфиды в доступную для растений форму — сульфаты. Остатки растений и животных перерабатываются редуцентами и обеспечивают возврат серы в круговорот.

На современном этапе выброс соединений серы существенно возрос в результате хозяйственной деятельности человека (сжигание каменного угля и газа на тепловых электростанциях, выхлопные газы автомобилей), что приводит к образованию серной кислоты и кислотным дождям, вызывающим гибель растительности.

Круговорот фосфора. Фосфор сосредоточен в отложениях, образовавшихся в прошлые геологические эпохи, поскольку многие фосфаты нерастворимы. Постепенно фосфор всё же вымывается из них и попадает в экосистемы. Растения используют только часть этого фосфора, тогда как большая его часть уносится в водоёмы и вновь откладывается в виде осадочных пород.

Деятельность человека внесла существенные коррективы в круговорот этого химического элемента в связи с добычей морепродуктов и использованием огромного количества фосфорных удобрений, значительная часть которых ежегодно смывается с полей.

Нерациональная эксплуатация природных запасов фосфора ведёт и к географическим изменениям. Так, маленькое островное государство Науру в юго-западной части Тихого океана, существующее в основном за счёт добычи фосфоритов, вскоре исчезнет с лица Земли, поскольку запасы этих полезных ископаемых, накапливавшихся в течение сотен тысяч лет благодаря экскрементам перелётных птиц, почти истощены.

Биогеохимические циклы серы и фосфора относятся к осадочным, так как большая часть этих элементов откладывается в осадочных породах и участвует не в биологическом круговороте, а в геологических процессах.

Круговорот воды (гидрологический цикл). Суммарные запасы воды на планете составляют около 1,5 млрд м³, причём большая их часть находится в водоёмах (особенно солёных), тогда как атмосфера

достаточно бедна ею. Вода испаряется и воздушными течениями переносится на значительные расстояния. На поверхность суши вода выпадает в виде осадков, при этом она используется не только живыми существами, но и способствует разрушению горных пород, делает их пригодными для жизни растений и микроорганизмов, размывает верхний почвенный слой и возвращается вместе с растворёнными в ней химическими соединениями и взвешенными органическими частицами в водоёмы. Гидрологический цикл занимает около 1 года. Круговорот воды между океаном и сушей является важнейшим звеном в поддержании жизни на Земле, поскольку не только обеспечивает потребность организмов в воде, но и привносит в водные экосистемы минеральные и органические вещества, захватываемые на суше в процессе разрушения литосферы.

В настоящее время человек выступает мощным геологическим фактором, использующим в своей деятельности почти все элементы, даже те, которые необходимы лишь для техногенной деятельности (уран, плутоний и др.). Это способствует тому, что природные круговороты веществ трансформируются в природно-антропогенные, так как человек не только изымает из оборота определённые элементы, но и ускоряет использование некоторых из них.

Эволюция биосферы. Биосфера, как и любая другая экосистема, не является застывшей; так, в девонском периоде в атмосфере имелось до 30 % кислорода, а в настоящее время — до 21 %, кроме того, за последние 50 лет содержание углекислого газа в ней под влиянием хозяйственной деятельности человека возросло на 10 %. Само формирование и историческое развитие биосферы тесно связаны с возникновением и эволюцией жизни на планете.

На первом этапе эволюции биосферы ведущую роль в ней играли физико-химические процессы, создавшие предпосылки для абиогенного возникновения жизни.

В дальнейшем живое вещество оказывало влияние на эволюцию биосферы, которое заключалось в изменении и поддержании состава атмосферы, в регуляции состава морских и пресных вод, во влиянии на климат и плодородие почв, а также на процессы формирования осадочных и разрушения горных пород. Это было обусловлено возникновением уже на первых этапах развития жизни автотрофных и гетеротрофных организмов, обеспечивших круговорот веществ и поток энергии на планете. Живое вещество выступает ведущим геохимическим фактором.

Эволюция органического мира сопровождалась возникновением приспособленных к среде обитания систематических групп

организмов и вымиранием других, однако при этом в биосфере в целом поддерживается приблизительно одинаковое соотношение продуцентов, консументов и редуцентов, обеспечивающих устойчивое развитие биосферы.

На современном этапе эволюции биосферы существенную роль играет человеческое общество, хозяйственная деятельность которого привела к нарушению экологического равновесия и грозит полным разрушением биосферы.

Типовые задания



Какой уровень организации живой материи представляет собой совокупность всех экосистем земного шара в их взаимосвязи?

- 1) сообщество
- 2) биогеоценоз
- 3) биом
- 4) биосфера

► Ответ. 4.



Установите последовательность этапов круговорота серы в биосфере. В ответе запишите соответствующую последовательность **цифр**.

- 1) поглощение растениями сульфатов
- 2) превращение почвенными микроорганизмами сульфидов в сульфаты
- 3) синтез растениями аминокислот и белков
- 4) поедание животными растений
- 5) выделение соединений серы животными в окружающую среду

► Ответ. 21345.



Найдите три ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их.

- (1) Биосфера — это область существования и жизнедеятельности ныне живущих организмов, которая пронизывает всю атмосферу, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы.
- (2) Компонентами биосферы являются живое, биогенное, биокосное и косное вещество.
- (3) Живое вещество — это совокупность ныне живущих организмов.
- (4) Биогенное вещество представляет собой разнообразные неорганические остатки,

в том числе и не полностью разложившиеся. (5) Биокосное вещество — это разнообразные смеси биогенных веществ с минеральными породами абиогенного происхождения. (6) К косному веществу относят различные абиотические компоненты, не затронутые прямым биогеохимическим воздействием организмов. (7) Масса живого вещества в биосфере гораздо больше массы косного вещества.

► Ответ. 147.

7.6. ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В БИОСФЕРЕ. ОХРАНА ПРИРОДЫ

Основные понятия и термины

- **Основные экологические проблемы современности:** изменение состава атмосферы и климата вследствие выбросов фреона, углекислого и других газов (парниковый эффект, глобальное потепление, нарушение озонового экрана, смог, кислотные дожди и др.), интенсивный рост народонаселения, загрязнение природных вод, сведение лесов, истощение, эрозия и загрязнение почв, истощение энергетических ресурсов, сокращение биологического разнообразия и др.
- **Эрозия почвы** — разрушение верхнего плодородного слоя почвы вследствие его смывания водами и сноса ветрами.
- **Экологический кризис** — экологическое неблагополучие, связанное с устойчивыми отрицательными изменениями окружающей среды и несущее угрозу для здоровья людей.
- **Экологическая катастрофа** — экологическое бедствие, которое приводит к глубоким необратимым изменениям окружающей среды и ухудшению здоровья населения.
- **Устойчивое развитие** — тип развития, который позволяет обеспечить стабильный экономический рост на долговременной основе, не приводя при этом к дальнейшей деградации окружающей природной среды.
- **Красная книга** — официальный документ, содержащий регулярно обновляемые данные о состоянии и распространении редких и находящихся под угрозой исчезновения видов редких растений, животных и грибов.

- ▮ **Государственный природный заповедник** — полностью изъятый из хозяйственного использования особо охраняемый природный комплекс (земля, водные объекты, недра, растительный и животный мир), имеющий природоохранное, научное, эколого-просветительское значение как образец естественной природной среды, типичные или редкие ландшафты, места сохранения генетического фонда растительного и животного мира.
- ▮ **Национальный парк** — охраняемые природные комплексы и объекты, имеющие особую экологическую, историческую и эстетическую ценность и предназначенные для использования в природоохранных, просветительских, научных и культурных целях и для регулируемого туризма.
- ▮ **Природный парк** — природоохранное рекреационное учреждение, территория (акватория) которого включает в себя природные комплексы и объекты, имеющие значительную экологическую и эстетическую ценность, и предназначена для использования в природоохранных, просветительских и рекреационных целях.
- ▮ **Государственный природный заказник** — территория (акватория), имеющая особое значение для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса.

Объяснение и важные примеры

Основные экологические проблемы современности. Эволюция человека и развитие человеческого общества достаточно длительное время не оказывали существенного влияния на биосферу, но уже 20–30 тыс. лет назад началось интенсивное истребление крупных травоядных животных, а 10–12 тыс. лет назад — сведение лесов, обусловленное подсечной системой земледелия. Впоследствии в некоторых районах планеты вместе с изменениями климата это привело к эрозии почв и опустыниванию. В последние два столетия резкий рост населения и прогресс в развитии науки и производства привели к сильнейшей нагрузке на природу, возникновению искусственных экосистем. Хозяйственная деятельность человека, ставившая перед собой благую цель удовлетворить его основные потребности в пище и более или менее комфортной среде обитания, первоначально затрагивала лишь поверхность суши (вырубка лесов, распашка земель, прокладка дорог), а затем распространилась

и вглубь литосферы (добыча полезных ископаемых), затронула атмосферу (сжигание топлива, выбросы промышленных предприятий и автомобилей) и гидросферу (бытовые и промышленные стоки, осушение болот, сооружение плотин). Негативные последствия этой деятельности длительное время нивелировались благодаря буферным свойствам биосферы, однако возрастающая антропогенная нагрузка, связанная с загрязнением воздуха, воды и земли вызвала, возможно, уже необратимые изменения в соответствующих оболочках планеты. Несмотря на то, что загрязнение происходит во многих местах по всему земному шару, их последствия не остаются локальными, а суммируются и приобретают глобальные масштабы.

Парниковый эффект. Ускорение минерализации гумуса почв на распаханых территориях, выбросы в атмосферу продуктов сгорания топлива, в особенности углекислого газа и метана, а также широко применяемого в холодильниках, кондиционерах и распылителях фреона привели не только к их накоплению, но и к задержке ими инфракрасного излучения земной поверхности, ведущего к разогреву биосферы. Считается, что наблюдаемый при этом парниковый эффект является основной причиной глобального потепления, которое сопровождается увеличением числа жарких дней в году, снижением количества осадков и засухами, таянием ледников и подъёмом вод Мирового океана, а также различными катаклизмами. Ряд учёных объясняет глобальное потепление в большей степени цикличностью процессов изменения температуры на планете.

Нарушение озонового экрана. Фреон и оксид азота (II) считают основными факторами ослабления озонового слоя и возникновения «озоновых дыр» над Антарктидой, Арктикой и Скандинавией. Нарушение озонового слоя в настоящее время считается главной причиной тревожной статистики заболеваемости раком кожи во многих странах мира.

Кислотные дожди. К середине 70-х годов XX века в Скандинавии, Великобритании, а также в ряде районов Северной Америки было обнаружено, что дождевая вода вместо нейтральной реакции имеет кислую ($\text{pH} < 7,0$). Причиной выпадения кислотных дождей является загрязнение воздушной среды оксидами серы и азота, которые реагируют с атмосферной влагой с образованием серной и азотной кислот. Выпадение кислотных дождей стало причиной нарушений в пресноводных экосистемах, вплоть до исчезновения рыбы, лягушек и других животных. Считается, что кислотные осадки являются причиной деградации лесов, а также разъедания строительных конструкций, эрозии почв и т. д.

Смог. Выброс различных газов и твёрдых частичек в атмосферу приводит также к образованию смога, характерного в настоящее время для промышленных районов государств (например, Китая), переживающих экономический бум. Смог является причиной роста числа заболеваний дыхательной системы.

Загрязнение водоёмов. Изменение водного баланса на планете вследствие вырубки лесов, строительства плотин и осушения болот, а также загрязнение вод в первую очередь коснулось континентальных пресных водоёмов, однако последствия этой деятельности ощущаются и в морях. Например, пестицид ДДТ, который применялся на полях, был обнаружен в тканях рыб и млекопитающих Северного Ледовитого океана. Загрязнение водоёмов бытовыми и промышленными стоками привело к серьёзному нарушению видового разнообразия данных экосистем. В настоящее время в мире более 1 млрд человек не имеет доступа к качественной питьевой воде, и такое положение продолжает усугубляться, поэтому водные ресурсы нуждаются в особой охране.

Сведение лесов. Леса по всей планете продолжают интенсивно вырубаться, особенно в тропических регионах, для нужд разных отраслей промышленности. Последствиями хищнической эксплуатации лесов являются обмеление рек, наводнения, исчезновение многих видов растений и животных, деградация почв, рост концентрации углекислого газа в атмосфере и изменение климата в целом.

Эрозия почв и опустынивание. Почвенное плодородие зависит от толщины слоя гумуса, накапливаемого в течение тысячелетий благодаря деятельности миллионов организмов. Наиболее плодородными почвами считаются чернозёмы, однако во второй половине XX века почвенное плодородие начало неуклонно снижаться вследствие эрозии. Эрозия, уплотнение почв сельскохозяйственной техникой, засоление, загрязнение, вырубка лесов, интенсивный выпас на пастбищах и другие воздействия ведут к деградации почв и, в конечном итоге, к опустыниванию.

Не менее значительными последствиями хозяйственной деятельности человека являются истощение энергетических ресурсов, вымирание ряда видов растений и животных и т. д.

Человек долгое время усиливал власть над природой, развивал технический потенциал, увеличивал эксплуатацию природных ресурсов, однако в дальнейшем этот процесс может привести лишь к глобальному экологическому кризису и цепи экологических катастроф с последующим снижением качества жизни. Единственным возможным шагом в направлении перехода биосферы в ноосферу

является осознание и провозглашение необходимости перехода мирового сообщества на позиции устойчивого развития.

Проблемы устойчивого развития биосферы. Для решения глобальных экологических проблем был создан ряд международных организаций по защите окружающей природной среды: Международный союз по охране природы и природной среды (МСОП), Всемирный фонд охраны дикой природы (WWF), Римский клуб, Международный экологический суд (МЭС), Гринпис. На Конференции ООН по окружающей среде в Стокгольме (1972) была принята Программа ООН по окружающей среде и развитию (ЮНЕП), а на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992) — Декларация РИО по окружающей среде и развитию, Рамочная конвенция «Об изменении климата», Конвенция «О биологическом разнообразии» и Программа действий ООН «Повестка дня на XXI век».

Не менее важными были Монреальская встреча (Монреаль, 1987; подписан Монреальский протокол об ограничении выбросов фреона в атмосферу), Общеευропейская конференция министров окружающей среды (София, 1995), Конференция Сторон Рамочной Конвенции ООН по изменению климата (Киото, 1997; подписан Киотский протокол об ограничении тепловых выбросов в атмосферу), Международный конгресс по устойчивому развитию (Йоханнесбург, 2002) и Конференция ООН по изменению климата (Париж, 2015).

В Российской Федерации для решения глобальных экологических проблем были приняты Концепция перехода РФ к устойчивому развитию, Государственная стратегия устойчивого развития РФ, Экологическая доктрина РФ, Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и другие законодательные акты.

Для решения данных проблем и перехода к устойчивому развитию необходимо решить четыре основные задачи современности: сохранение уцелевших и восстановление до уровня естественной продуктивности ряда деградировавших экосистем, рационализация потребления, повсеместное внедрение «экологических» технологий и нормализация численности населения.

Сохранение многообразия видов как основа устойчивости биосферы. Несмотря на то, что на планете, по разным оценкам, обитает 5–10 млн ещё не описанных видов организмов, о существовании большинства из них мы никогда не узнаем, поскольку ежегодно с лица Земли исчезает около 50 видов. Исчезновение живых организмов в настоящее время совсем не обязательно связано с их физическим истреблением, чаще это обусловлено разрушением в результате человеческой деятельности их природных мест обитания.

Гибель отдельного вида вряд ли способна привести к фатальным последствиям для биосферы, однако уже давно установлено, что вымирание одного вида растений влечёт за собой гибель 10–12 видов животных, а это уже представляет угрозу как для существования отдельных биогеоценозов, так и для глобальной экосистемы в целом.

Накопленные за предыдущие десятилетия печальные факты вынудили Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) начать в 1949 году сбор информации о редких и находящихся под угрозой исчезновения видах растений и животных. В 1966 году МСОП издал первую *«Красную книгу фактов»*. В этом документе принята пятиступенчатая шкала статуса охраняемого вида, причём к первой степени охраны относят виды, спасение которых невозможно без осуществления специальных мероприятий, а к пятой — восстановленные виды, состояние которых благодаря принятым мерам не вызывает опасений, но они ещё не подлежат промышленному использованию. Разработка такой шкалы позволяет направить первоочередные усилия в области охраны именно на самые редкие виды, такие как амурские тигры.

Помимо международного варианта Красной книги, существуют также национальные и региональные её варианты. В СССР Красная книга была учреждена в 1974 году, а в Российской Федерации порядок её ведения регламентируется Федеральными законами «Об охране окружающей среды», «О животном мире» и Постановлением Правительства РФ «О Красной книге Российской Федерации». Сегодня в Красную книгу РФ занесено 610 видов растений, 247 видов животных, 42 вида лишайников и 24 вида грибов. Популяции некоторых из них, в своё время оказавшиеся под угрозой исчезновения (бобр европейский, зубр), успешно восстановлены.

В России под охрану взяты следующие виды животных: русская выхухоль, тарбаган (монгольский сурок), белый медведь, кавказская европейская норка, калан, манул, амурский тигр, леопард, снежный барс, сивуч, морж, тюлени, дельфины, киты, лошадь Пржевальского, кулан, розовый пеликан, обыкновенный фламинго, чёрный аист, малый лебедь, степной орёл, беркут, чёрный журавль, стерх, дрофа, филин, белая чайка, средиземноморская черепаха, японский полоз, гюрза, камышовая жаба, каспийская минога, все виды осетровых рыб, озёрный лосось, жук-олень, необыкновенный шмель, обыкновенный аполлон, рак-богомол, обыкновенная жемчужница и др.

К растениям Красной книги РФ относятся 7 видов подснежников, некоторые виды полыни, женьшень настоящий, 7 видов колокольчиков, дуб зубчатый, пролеска пролесковидная, 11 видов касатиков,

рябчик русский, тюльпан Шренка, лотос орехоносный, венерин башмачок настоящий, пион тонколистный, ковыль перистый, первоцвет Юлии, прострел (сон-трава) луговой, красавка белладонна, сосна пицундская, тис ягодный, щитовник китайский, полуншник озёрный, сфагнум мягкий, филлофора курчавая, хара нитевидная и др.

Редкие грибы представлены трюфелем летним, или русским чёрным трюфелем, трутовиком лакированным и др.

Охрана редких видов в большинстве случаев связана с запретом их уничтожения, сохранением их самих в искусственно созданной среде обитания (зоопарках), охране их местообитаний и созданием низкотемпературных генетических банков.

Наиболее эффективной мерой охраны редких видов является сохранение их местообитаний, которое достигается организацией сети особо охраняемых заповедных территорий, имеющих, в соответствии с Федеральным законом «Об особо охраняемых природных территориях» (1995 г.), международное, федеральное, региональное или местное значение. К ним относятся *государственные природные заповедники, национальные парки, природные парки, государственные природные заказники, памятники природы, дендрологические парки, ботанические сады* и др.

Государственные природные заповедники, которые входят в международную систему биосферных резерватов, осуществляющих глобальный экологический мониторинг, имеют статус *государственных природных биосферных заповедников*. В настоящее время в России насчитывается около 100 государственных природных заповедников, 19 из которых носят статус биосферного, в том числе Байкальский, Баргузинский, Кавказский, «Кедровая падь», Кроноцкий, Приокско-Тerrasный и др. 2017 год был объявлен в России Годом экологии и Годом особо охраняемых природных территорий.

В отличие от заповедников, территории (акватории) *национальных парков* имеют ограниченное использование. Такой статус имеют 39 особо охраняемых природных территорий, в том числе Забайкальский и Сочинский национальные парки, а также национальные парки «Куршская коса», «Русский Север», «Шушенский бор» и др.

Оценка глобальных экологических проблем и возможных путей их решения. Деятельность человека к концу XX века привела к разрушению более 60 % естественных экосистем суши (при том, что распаханно только 10 % территорий), гибнут водные экосистемы, в том числе и морские, что обусловлено нерациональным использованием ресурсов, техногенным загрязнением и глобальным изменением климата. Однако первопричинами такого плачевного состояния

биосферы являются демографический взрыв в ряде развивающихся стран и формирование общества потребления в экономически развитых странах. Промедление в решении экологических проблем уже через 20 лет приведёт к повышению температуры на планете на 1–2 °С, вызовет жёсткие засухи и затопление на огромных территориях, что, в конечном итоге, уже в ближайшей перспективе может привести к исчезновению человека как биологического вида вследствие разрушения его среды обитания.

Главным условием для восстановления нормальной природной среды обитания является восстановление живого вещества прежде всего за счёт сохранения видового разнообразия растений, животных, грибов и бактерий. Экономически и экологически оправданным уровнем является выделение в качестве заповедных территорий около 1/6 части суши.

Правила поведения в природной среде. Учитывая реалии сегодняшнего дня, отдыхая на природе, следует стараться не наносить ещё большего вреда экосистемам. Для этого во время движения не стоит съезжать и сходить с уже проложенных маршрутов, чтобы не утрамбовывать почву. Нельзя ломать и срывать бесцельно растения, собирать их семена и плоды, так как это может нарушить процесс воспроизведения растительных сообществ. Разведение костров на природе также возможно только на специально оборудованных площадках во избежание пожаров, которые могут возникнуть даже от брошенной спички или окурка. Ловля и умерщвление насекомых и других животных только из-за того, что они красивы, или из спортивного интереса являются недопустимыми, ибо также могут не только влиять на численность популяций, но и оказывать влияние на целостность цепей питания и трофических сетей биогеоценозов. Следует помнить и о том, что даже при гербаризации растений и сборе животных для коллекций учитывается степень редкости этих организмов. В природной среде нельзя также оставлять мусор, мыть машины и сливать машинное масло и горючее, так как это наносит пусть не мгновенный, но всё же большой вред экосистемам.

Только рациональное природопользование может обеспечить сохранность природной среды ещё на долгие годы.

Это интересно!

В России первым государственным заповедником стал Баргузинский заповедник в Забайкалье. Цель его создания в 1917 году — сохранение соболя и других пушных зверей. В 1986 году всемирная организация ЮНЕСКО присвоила Баргузинскому заповеднику статус биосферного.

Самый большой заповедник в России и третий по площади в мире — Большой Арктический, созданный в мае 1993 года, занимающий территорию полуострова Таймыр и некоторых островов Северного Ледовитого океана. Заповедники-гиганты, имеющие площадь более 1 млн гектаров, — Таймырский и Командорский.

Самый маленький заповедник — Галичья Гора (Липецкая область) создан в 1925 году — 321 га.

Самый уникальный заповедник — Алтайский. На его территории расположены 1190 озёр, самым крупным из которых является Телецкое озеро. В 1998 году уникальный заповедный край был внесён организацией ЮНЕСКО в список Всемирного природного наследия как объект «Алтай — Золотые горы».

Типовые задания



Основной причиной глобального потепления является

- 1) возрастание солнечной активности
- 2) использование СВЧ-печей
- 3) выброс газов в атмосферу
- 4) освоение космического пространства

► Ответ. 3.



Прочитайте текст и выполните задание.

Ядовитый туман

В начале декабря 1952 года холодный туман опустился на Лондон. Из-за крайне низкой температуры горожане стали использовать для отопления уголь в большем количестве, чем обычно. Примерно к этому же времени завершился процесс замены городского электротранспорта (трамваев) на автобусы с дизельным двигателем. Запертые более тяжёлым слоем холодного воздуха, продукты горения в воздухе в считанные дни достигли чрезвычайной концентрации. Туман был таким густым, что препятствовал движению автомобилей. Некоторые горожане, выйдя из дому, не могли найти дорогу обратно; сбитые с толку непроницаемым смогом, они могли идти, лишь держась рукой за стены ближайших домов. Многие люди носили специальные маски из марли, а некоторые закрывали лица обычными платками или шарфами, но ни то ни другое не помогало — дышать было нечем. В субботу 6 декабря 1952 года в театре Садлер Веллс «Травиату» прервали на середине из-за того, что зрители внезапно начали кашлять. Густой едкий туман медленно наполнил зал, и увидеть сцену с галёрки стало

практически невозможно. В те дни больницы Лондона быстро наполнились пострадавшими с заболеваниями дыхательных путей, начала расти смертность в городе. Машины скорой помощи не успевали доехать к больным — весь город встал в одной большой пробке не в силах сдвинуться с места. Люди умирали от удушья. Шок, вызванный этим жестоким уроком, заставил людей изменить своё отношение к загрязнению воздуха.

Используя содержание текста, ответьте на следующие вопросы:

- 1) О загрязнении какого слоя биосферы идёт речь?
- 2) Как называется подобное явление?
- 3) Причина возникновения этого экологического бедствия?

ЕГЭ

Что относят к природоохранным объектам, в которых охраняется весь природный комплекс? Выберите три верных ответа из шести и запишите **цифры**, под которыми они указаны.

- 1) ботанический сад
- 2) памятник природы
- 3) заповедник
- 4) заказник
- 5) национальный парк
- 6) природный парк

► Ответ. 356.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Авитаминоз 267
Автотрофы 55
Агробιογεοценоз (агроценоз) 386
Адаптация 12
Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) 34, 40
Аккомодация 317
Аллель 93
• доминантный 93
• летальный 111
• рецессивный 93
Аллергия 285
Альвеола 273
Аминокислота 34
Амфибии 228
Анализатор 316
Анатомия 18
Анафаза 77
Анаэробы 54, 58
Анеуплоидия 120
Антиген 285, 288
Антитело 285, 288
Антропогенез 364
Антропология 18
Аорта 281
Аппарат (комплекс) Гольджи 48, 50
Аппендикс 265
Ареал 350
Ароморфоз 356, 357
Артерии 278, 280
Атавизм 337, 338, 339
Аутбридинг 129
Аэробы 54, 58, 197
Бактерии 144, 145
Бактериозы 144
Бактериология 17
Бактериофаг 140
Белок 34, 35, 37
Бентос 370
Бесчерепные 222
Бинарная номенклатура 137, 138
Биогенетический закон 337, 339
Биогенное вещество 391
Биогеохимические циклы 391
Биогеоценоз 375
Биокосное вещество 391
Биологическая стабилизация 356
Биологические ритмы 371
Биологический прогресс 356
Биологический регресс 356
Биология 12, 13
• молекулярная 18
Биосфера 391
Биотехнология 18, 128, 133
Биотоп 375, 376
Биохимия 18
Биоценоз 375, 376
Бластопор 90
Бластула 89, 90
Большие полушария 314
Борьба за существование 346, 349
Ботаника 17
Брожение 57
Бронхи 273
Вакуоль 48
Вариационная кривая 120
Вариационный ряд 120
Вены 278, 280
Ветеринария 18
Вибриссы 241, 244
Вид 15, 137, 350, 351
Видообразование 351, 354
• аллопатрическое 354
• симпатрическое 354
Вилочка 237
Вирус 140, 141, 142
Вирусология 17, 140
Витамины 267, 268
• водорастворимые 267
• жирорастворимые 267
Включения 48
Внимание 324, 327
Вода 29
Водоросли 177, 178
• бурые 177, 179
• зелёные 177, 179
• красные 177, 179
Волны жизни 342
Воля 324

- Воск 28
 Выделение 292
 Высшая нервная деятельность (ВНД) 323
 Гаметогенез 73
 Гастрола 89
 Гастрюляция 88, 90
 Гемолимфа 214
 Ген 62, 93
 Генетика 18, 93, 95
 Генетическая карта 105
 Генетический код 62, 63
 Генная инженерия 128, 133
 Геном 62
 Генотип 93
 Генофонд 342, 344
 Геохронологическая шкала 360
 Гермафродиты 84
 Гетерозигота 93
 Гетерозис 128, 129
 Гетеротрофы 55
 Гибридизация 128, 129
 Гигиена 18
 Гипервитаминоз 267
 Гиповитаминоз 267
 Гиподинамия 252
 Гипоталамус 306, 313
 Гипотезы
 - возникновения и развития жизни 331
 - происхождения человека 365
 Гипофиз 307
 Гистогенез 89
 Гистология 18
 Глаз 318
 Гликоген 31
 Гликокаликс 44
 Гликолипиды 28
 Глотка 264
 Глюкоза 30
 Голандрические признаки 105, 108
 Головастик 231
 Головной мозг 312
 Гомеостаз 12
 Гомозигота 93
 Гормоны 306
 Гортань 273
 Грибница (мицелий) 149
 Грибы 149, 150, 151
 Группа сцепления 105, 107
 Движение 12
 Двудольные 190
 Дегенерация 356, 358
 Дезоксирибоза 30
 Деплазмолиз 45
 Дерма 297
 Диастола 278, 280
 Дивергенция 337, 338
 Динамический стереотип 324
 Дифференцировка 73
 Доминанта 326
 Доминирование
 - неполное 111, 112
 - полное 110
 Донор 285
 Дрейф генов 342, 344
 Дробление 88, 90
 Дыхание 57, 272
 - внешнее 272
 - тканевое 272
 Дыхательные пути 272
 Жгуты 51
 Железы
 - внешней секреции (экзокринные) 306
 - внутренней секреции (эндокринные) 306
 - потовые 297
 - слюнные 297
 - смешанной секреции 306
 Жёлтое пятно 319
 Желудок 264
 Желудочек 279
 Живое вещество 391
 Жидкостно-мозаичная модель строения мембраны 42, 43
 Жизненная ёмкость лёгких 272
 Жизненный цикл
 - клетки 73, 75
 - организма 89
 Жиры 28
 Закон
 - гомологических рядов в наследственной изменчивости 128, 130

- зародышевого сходства 337, 339
- Менделя
 - › первый 94, 96
 - › второй 94, 96
 - › третий 94, 97, 98
- минимума 371
- Моргана 104
- ограничивающего фактора 371
- оптимума 371
- Запечатление 324
- Зародышевые листки 89
- Заросток 182
- Земноводные 228
- Зигота 302
- Зоология 17
- Зооспоры 177
- Зуб 263
- Идиоадаптация 356, 358
- Изменчивость 93, 120
 - комбинативная 120, 122, 124
 - модификационная 120, 124
 - мутационная 120, 124
- Изоляция 351, 353
 - биологическая 353
 - географическая 353
- Иммунитет 285
 - активный 288
 - врождённый 288
 - гуморальный 288
 - естественный 288
 - искусственный 288
 - клеточный 288
 - пассивный 289
 - приобретённый 288
- Импринтинг 324
- Инбридинг 129
- Инстинкт 214, 324, 325
- Интерфаза 73, 75
- Инфузории 196, 200
- Канальцевая реабсорбция 293
- Капилляры 278, 280
- Капсид 140, 141
- Капсула Шумлянского — Боумана 293
- Кариотип 73, 75
- Каротиноиды 49
- Киль 237
- Кифоз 256, 260
- Кишечник 264
 - толстый 265
 - тонкий 264
- Кишечнополостные 202
- Клапан
 - двухстворчатый (митральный) 279
 - трёхстворчатый 279
- Клетка
 - прокариотическая 42
 - эукариотическая 42
- Клеточная инженерия 128, 133
- Клеточная стенка 46
- Клеточная теория 24
- Клеточный центр 48, 51
- Клоака 222
- Клонирование 128, 134
- Клубень 165
- Клубочковая фильтрация 292
- Книжка 243
- Кодоминирование 111, 112
- Кодон 39
- Кожа 296
- Колбочки 319
- Комменсализм 371
- Компенсация 371
- Комплементарность 111, 113
- Конвергенция 337, 338
- Конкуренция 371
- Консументы 375
- Конъюгация 73
- Конъюнктива 318
- Корень 158, 159
- Корневище 165
- Кортиев орган 320
- Косное вещество 391
- Кофермент 55
- Красная книга 398
- Крахмал 31
- Креационизм 331
- Крестец 255
- Кровообращение 278
- Кровь 286
 - артериальная 278
 - венозная 278
- Кроссинговер 73, 107
- Круги кровообращения 281
 - большой 278, 281

- малый 278, 281
- Кутикула 208
- Лактоза 31
- Лёгкие 273
- Лейкопласты 48, 49
- Лейкоциты 285, 287
- Лизосома 48
- Лимфоциты 285
- Линька 214
- Липиды 28
- Лист 159, 163
- Лихенология 17, 149
- Лишайники 149
- Ложноножки (псевдоподии) 196, 197, 198
- Лордоз 256, 259
- Луковица 165
- Макроэволюция 343, 345, 356
- Макроэлементы 24
- Мальтоза 31
- Малярия 201
- Матка 300
- Медиатор 250
- Медуза 203
- Мезоглея 203
- Мейоз 73, 77, 79
- Меланин 296
- Метаболизм 12, 54, 56
- Метанефридии 210
- Метафаза 77
- Микозы 149
- Микология 17, 149
- Микориза 149
- Микробиология 17
- Микротрубочки 48, 51
- Микрофиламенты 48, 51
- Микроэволюция 342, 345, 353
- Микроэлементы 24
- Миксоцель 214
- Мимикрия 343, 345
- Миокард 278
- Митоз 73, 76
- Митохондрия 47, 49
- Млекопитающие 235
- Множественный аллелизм 93
- Моделирование 19
- Мозжечок 313
- Моллюски 203
- Молоточек 320
- Мониторинг 19
- Мономер 28
- Моносахариды 28, 30
- Морганида 105, 107
- Морула 89
- Морфология 18
- Мост (варолиев) 313
- Моховидные 182
- Мочевой пузырь 294
- Муреин 144
- Мутаген 120
- Мутация 120
- Мутуализм 371
- Мышление 324
- Мышцы 252, 258
 - антагонисты 252
 - синергисты 252
- Надкостница 252
- Надпочечники 308
- Наковальня 320
- Насекомые 214
- Наследственность 93
- Научение 324
- Нейроглия 250
- Нейрон 248, 250, 311
 - вставочный 310
 - исполнительный (двигательный) 310
 - чувствительный 310
- Нейрула 89
- Нейстон 370
- Неотения 231
- Нефридии 224
- Нефрон 292, 293
- Ноосфера 391
- Норма реакции 120
- Носоглотка 273
- Нуклеиновые кислоты 34
 - дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) 34, 38
 - рибонуклеиновая кислота (РНК) 34, 39
 - › мРНК (иРНК) 34, 39
 - › рРНК 34, 39
 - › тРНК 34, 40
- Нуклеоид 144
- Нуклеотид 34, 37, 38

- Обмен веществ 54
- общий 267
 - основной 267
 - пластический 54
 - энергетический 54
- Однодольные 193
- Озоновые дыры 400
- Околоцветник 168
- Олигосахариды 28
- Онтогенез 88, 89, 175
- Оогенез 74, 79
- Оплодотворение 84
- внешнее 84, 87
 - внутреннее 85, 87
 - двойное 167, 174
- Опыление 167, 174
- Организм 14
- колониальный 13
 - многоклеточный 13
 - одноклеточный 13
 - раздельнополые 84
- Органогенез 89
- Органоиды 42, 49
- Органы
- аналогичные 337, 338
 - вегетативные 158
 - генеративные 167
 - гомологичные 337, 338
 - рудиментарные (рудименты) 337, 338
- Осеменение 84
- Осмоз 45
- Остеон 252
- Отбор
- естественный 342, 347
 - искусственный 128, 129
- Ощущение 328
- Палеонтология 17
- Палочки 319
- Память 324, 326
- Папоротниковидные 182, 185
- Паразитизм 371
- Паращитовидные железы 308
- Паренхима 205
- Партеногенез 84, 86
- Паукообразные 214
- Педипальпы 217
- Пелликула 196, 199
- Переходные формы 336
- Перикард 278, 279
- Периоды онтогенеза
- постэмбриональный 88
 - эмбриональный 88
- Перо 236
- Пестик 168
- Петля Генле 293
- Печень 265
- Пиноцитоз 42, 46
- Пищеварение 262
- Пищевод 264
- Плавательный пузырь 226
- Плазматическая мембрана 43
- Плазмида 144
- Плазмодесма 46
- Плазмолиз 45
- Планктон 370
- Пластиды 47
- Плауновидные 182, 183
- Плацента 302
- Плейотропия 93, 111, 112
- Плод 168, 171
- Побег 158, 161
- Подвид 351
- Поджелудочная железа 265, 308
- Позвоночник 255
- Позвоночные 222
- Пол 105
- гетерогаметный 105
 - гомогаметный 105
- Полимер 28
- Полимерия 111, 113
- Полип 203
- Полиплоидия 120
- Полисахариды 28
- Половые железы 309
- Популяционные волны 342, 344, 347
- Популяция 342, 352
- Порода 128
- Поток генов 342
- Почка (зачаточный побег) 158, 162
- Почки 293
- Правило чистоты гамет 94, 97
- Правило экологической пирамиды 380
- Предросток 182

- Предсердие 279
 Пресмыкающиеся 228
 Принцип комплементарности 34, 68
 Продолговатый мозг 313
 Продуценты 375
 Промежуточный мозг 313
 Простейшие 196, 197
 Протонефридии 203, 208
 Профаза 77
 Пряжка 237
 Психика 325, 329
 Психология 18
 Птицы 235
 Пульпа 263
 Пульс 278
 Пуловина 302
 Работа
 - динамическая 252
 - статическая 252
 Радула 211
 Развитие 13
 - не прямое 89
 - прямое 89
 - устойчивое 398
 Раздражимость 13, 175
 Размножение 84
 - бесполое 84, 85
 - вегетативное 173
 - половое 84, 86, 174
 Ракообразные 214
 Раса 365
 Растения
 - высшие 177
 - высшие споровые 182
 - двудомные 167
 - низшие 177
 - однодомные 167
 - семенные 187
 - › голосеменные 187
 - › покрытосеменные 187, 189
 Растительность 371
 Регуляция
 - гуморальная 306
 - нервная 310
 Редуценты 375
 Резус-фактор 290
 Рекомбинантные (кроссоверные) особи 104
 Реликт 337, 338
 Репарация 62
 Репликация 62, 65
 Рептилии 228
 Реснички 51
 Рефлекс 203, 204, 310, 323
 - безусловный 323, 325
 - условный 324, 326
 Рефлекторная дуга 311
 Рецептор 317
 Реципиент 285
 Речь 325, 329
 Рибоза 30
 Рибосомы 48, 51
 Ризоиды 177, 179
 Роговица 318
 Родопсин 319
 Рост 13
 - неограниченный (открытый) 89, 91
 - ограниченный (закрытый) 89, 91
 Рубец 243
 Руководящие ископаемые 361
 Рыбы 222
 - костные 222
 - хрящевые 222
 Саркожгутиковые 196, 198
 Свёртывание крови 285
 Сверхдоминирование 111, 112
 Селекция 18, 128
 Семя 167, 170
 Сердечный цикл 278
 Сердце 279
 Сетка 243
 Сетчатка глаза 318, 319
 Сигнальная система
 - вторая 325
 - первая 325
 Симбиоз 371
 Синапс 250
 Система
 - выделения 293
 - дыхания 272
 - кровеносная (сердечно-сосудистая) 278

- лимфатическая 278
- нервная 310
 - › вегетативная (автономная) 311, 315
 - › периферическая (ПНС) 311
 - › соматическая 311
 - › центральная (ЦНС) 311
- опорно-двигательная 252
- пищеварения 262
- покровная 296
- половая 300
- сенсорная 316
- эндокринная 306
- Система АВ0 290
- Систематика 18, 137
- Систола 278, 280
- Скелет 229, 252
- Склера 318
- Скрещивание
 - анализирующее 94
 - дигибридное 94
 - моногибридное 94
- Слепое пятно 317, 319
- Слоевище (таллом) 152, 154
- Сознание 324
- Сон 324
- Сосуды 280
- Соцветие 167, 169
- Социальная среда 365
- Сперматогенез 73, 79
- Сперматозоид 73, 81
- Спермий 73
- Спинной мозг 312
- Среда обитания 370
- Средний мозг 313
- Стебель 158, 162
- Стероиды 28, 32
- Столон 165
- Стремечко 233, 320
- Сукцессия 386, 387
 - вторичная 386, 388
 - первичная 386, 388
- Суперкапсид 140, 141
- Сустав 254
- Сфинктер 264
- Сыворотка 285
- Сычуг 243
- Таксис 196
- Таксон 137
- Таксономия 18, 137
- Телофаза 77
- Тератоген 89, 92
- Терморегуляция 29, 296
- Ткань 154, 248
 - растений 154
 - › образовательные (меристемы) 154, 155
 - › постоянные 154, 155
 - человека и животных
 - › мышечная 250
 - › нервная 250
 - › соединительная 249
 - › эпителиальная 248
- Травма 252
- Транскрипция 62, 65
- Трансляция 62, 66
- Трансплантация 285
- Транспорт
 - активный 42
 - пассивный 42, 45
- Трансформизм 331
- Трахея 273
- Триацилглицеролы 28
- Триплет 63
- Тромб 285
- Тромбоциты 285, 287
- Тычинка 168
- Углеводы 28
- Улитка (уха) 320
- Ультрамикрэлементы 24
- Устьеца 154, 156
- Утомление 252
- Ухо 320
- Фагоцитоз 42, 46
- Фагоциты 285
- Фенотип 93
- Фермент 54, 55
- Фибрин 287
- Фибриноген 287
- Физиология 18
- Филогенез 88
- Филогенетический ряд 336
- Фолликул 302
- Формула цветка 169
- Фосфолипиды 28, 32
- Фотопериод 370

- Фотосинтез 55
 Фототропизм 175
 Фруктоза 30
 Хвощевидные 182, 184
 Хелицеры 216
 Хемосинтез 55
 Хитин 32, 47
 Хищничество 371
 Хлоропласты 47, 49
 Хлорофилл 26, 49
 Хорда 222
 Хордовые 222
 Хроматин 53
 Хромопласты 48, 49
 Хромосома 73, 74
 • аутосома 73
 • половая 73, 105, 108
 Хрусталик 318
 Цветок 167, 168
 Цветоложе 168
 Цевка 237
 Целлюлоза 31, 46
 Целом 209
 Центриоль 51
 Цепи питания 375, 377
 • выедания (пастбищные) 375
 • разложения (детритные) 375
 Цикл Кальвина 59
 Цикл Кребса 57
 Циста 196, 197
 Цитокинез 77
 Цитология 18
 Цитоплазма 42
 Цитоскелет 51
 Частота кроссинговера 105
 Черви
 • кольчатые 203
 • круглые 203
 • плоские 202
 Череп 254
 Черепные 222
 Членистоногие 214
 Щитовидная железа 308
 Эволюционизм 331
 Эволюционная теория
 Ч. Дарвина 337
 Эволюционное учение 18
 Эволюция 13
 Экзоцитоз 42, 46
 Экологическая катастрофа 398
 Экологическая ниша 375
 Экологическая пирамида 380
 • биомассы 380
 • чисел 380
 • энергии 380
 Экологический кризис 398
 Экологический фактор 370
 • абиотические 370, 372
 • антропогенный 371, 373
 • биотические 370, 372
 Экология 18
 Экосистема 375
 Эктодерма 204
 Эмбриология 18
 Эмоции 324, 325
 Эндемик 338
 Эндемичный вид (эндемик) 336
 Эндокард 278
 Эндокринология 306
 Эндоплазматическая сеть 48, 50
 • гладкая (агранулярная) 50
 • шероховатая (гранулярная) 50
 Эндоцитоз 42
 Энтодерма 204
 Эон 361
 Эпидермис 296
 Эпикард 278
 Эпистаз 111, 113
 Эпифиз 307
 Эра 360
 Эритроциты 284, 286
 Эрозия почвы 398
 Ядро 48, 52
 Ядрышко 53
 Язык (орган) 263
 Язык (средство
 коммуникации) 328
 Яйцеклетка 74, 80
 Яйцо 233, 238
 Яички (семенники) 300
 Яичники 300

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Справочное издание
анықтамалық баспа

Для среднего школьного возраста
орта мектеп жасындағы балаларға арналған

СПРАВОЧНИК ШКОЛЬНИКА. ВСЕ ТЕМЫ ОГЭ И ЕГЭ: 5—11 КЛАССЫ

Садовниченко Юрий Александрович
Пастухова Наталья Леонидовна

БИОЛОГИЯ
(орыс тілінде)

Ответственный редактор *А. Жилинская*
Ведущий редактор *Т. Судакова*
Художественный редактор *И. Лапин*

ООО «Издательство «Эксмо»

123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru

Өндіруші: «ЭКСМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Ресей, Зорге көшесі, 1 үй.
Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru.

Тауар белгісі: «Эксмо»

Интернет-магазин : www.book24.ru

Интернет-дүкен : www.book24.kz

Импортёр в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».

Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибьютор и представитель по приему претензий на продукцию,
в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша арыз-талаптарды
қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС,

Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.

Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz

Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат сайтта: www.eksmo.ru/certification

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ
о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо»
www.eksmo.ru/certification

Өндірген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылған

Продукция соответствует требованиям ТР ТС 007/2011

Дата изготовления / Подписано в печать 17.07.2018. Формат 70х100¹/₁₆.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 33,7.

Тираж экз. Заказ

ISBN 978-5-699-95856-6



**СПРАВОЧНИК СОДЕРЖИТ
ПРОСТОЕ И ДОСТУПНОЕ ОБЪЯСНЕНИЕ ТЕМ,
ПРОВЕРЯЕМЫХ НА ОГЭ И ЕГЭ ПО БИОЛОГИИ.**

По каждому разделу приводятся:

- **важные теоретические сведения;**
- **основные понятия и термины по каждой теме;**
- **наглядные материалы: схемы и таблицы;**
- **вопросы и типовые задания в форме ОГЭ и ЕГЭ.**

С помощью справочника вы:

- **освоите сложные темы;**
- **повторите ключевые понятия и законы;**
- **быстро найдёте нужную информацию;**
- **систематизируете свои знания при подготовке к урокам и экзаменам.**

